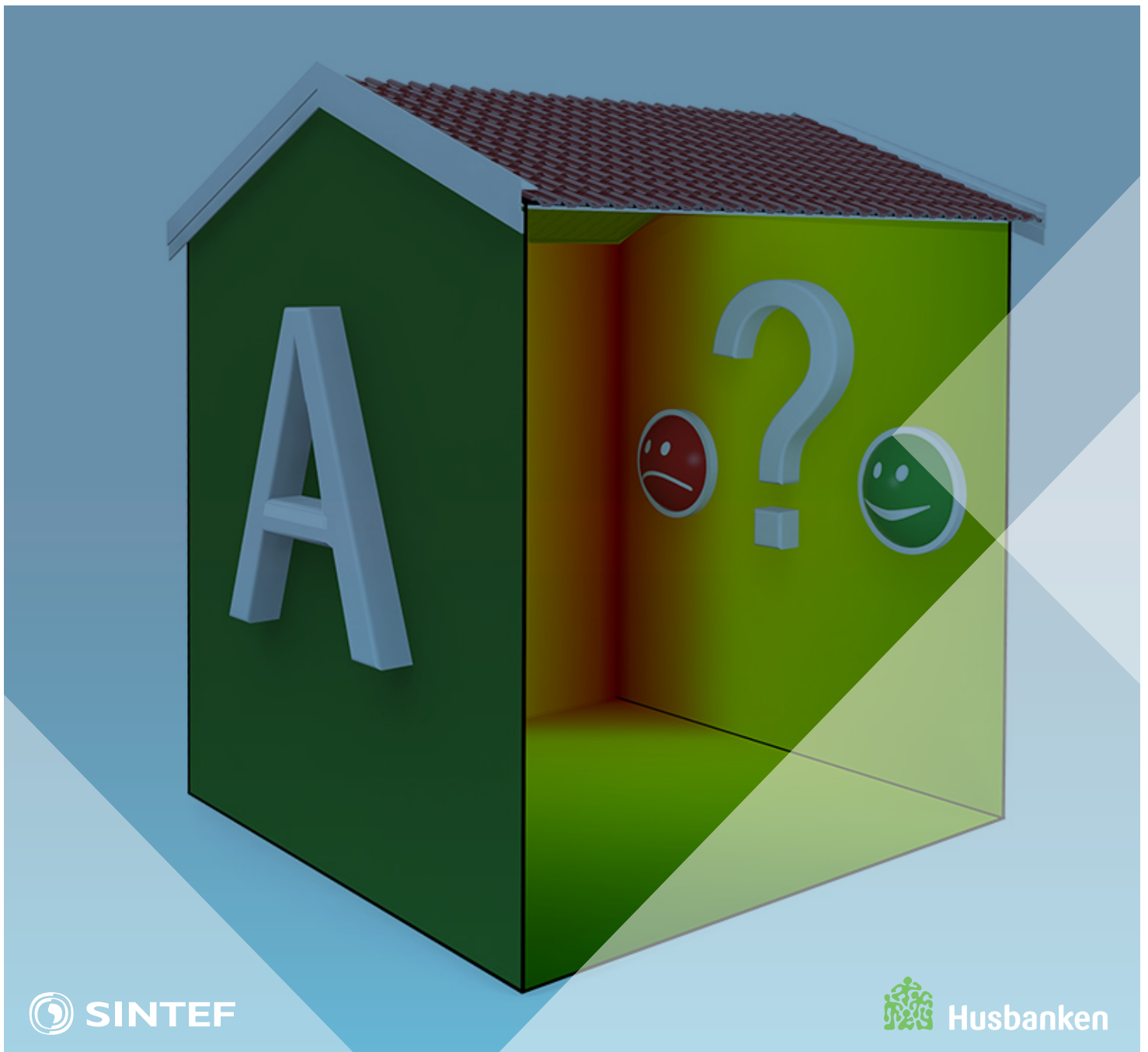


Helse og inneklima i passiv- husboliger

FORSKNINGSBEHOV, RISIKO OG MULIGHETER



SINTEF Fag

Sverre Bjørn Holøs, Mette Maren Maltha og Magnar Berge

Helse og inneklima i passivhusboliger

Forskningsbehov, risiko og muligheter

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Fag 7

Sverre Bjørn Holøs, Mette Maren Maltha og Magnar Berger

Helse og inneklima i passivhusboliger

Forskningsbehov, risiko og muligheter

Emneord:

Inneklima, passivhus, boligbygg

Prosjektnummer: 102000219

ISSN 1894-1583

ISBN 978-82-536-1341-3 (pdf)

Omslagsillustrasjon: SINTEF Byggforsk

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2013

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Byggforsk

Forskningsveien 3 B

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

www.sintefbok.no

Sammendrag

Denne rapporten inneholder resultater fra forprosjektet "helse og inneklima i passivhus". Hensikten med forprosjektet var å legge grunnlag for mer systematisk undersøkelse av inneklima og helse i norske passivhus og referanseboliger etter TEK over tid, sammenligne dette med studier i andre land, og identifisere de viktigste faktorer for at boliger kan gi tilfredsstillende inneklima for alle.

Rapporten beskriver helserelevante inneklimafaktorer og noen inneklimatelevante helseforhold, for å legge til rette for risikovurderinger. Det gis et enkelt historisk resymé av helse og inneklima, og sannsynlige drivere for utvikling diskuteres. Bygningsmessige forhold som kan påvirke inneklimatevinget risiko diskuteres. Diskusjonen oppsummeres i en enkel risikovurdering som leder fram til en diskusjon av forskningsbehov og beskrivelse av mulige aktiviteter. Rapportens hovedkonklusjoner er at:

- Sannsynlige tekniske forskjeller mellom boliger oppført som passivhus (NS 3700) og i henhold til gjeldende forskrift (TEK 10) er ganske små. I praksis innebærer begge nivåer godt isolerte, lufttette ytterkonstruksjoner som er avhengige av balansert ventilasjon med varmegjenvinning, supplert med mulighet for vinduslufting, for å opprettholde godt inneklima. De viktigste teknologiske forskjellene som det knytter seg inneklimatemessige usikkerheter til, er forvarming av ventilasjonsluft ved kulvert/jordvarmeveksler, forenklet oppvarmingssystem og spesielt bruk av luftoppvarming, samt roterende varmegjenvinnere. Det er risikofaktorer og kunnskapsbehov knyttet til disse teknologiene.
- I passivhus er det noe større utfordringer knyttet til fuktsikre vindusløsninger med liten kuldebro, tilgang på dagslys, uttørring av byggfukt og etter vannskade, samt trykkforskjeller ved bruk av avtrekkshette. Det er viktigere å utvikle og implementere gode løsninger for disse utfordringene enn å forske på inneklimatemessige konsekvensene.
- Passivhustiltak vil redusere en del utfordringer som trekk, kondens i konstruksjonen og støy utenfra, sammenlignet med TEK10-hus.
- Mer kunnskap om sammenhengene mellom inneklimate og helse, risikoforhold i dagens bygninger og hva som utgjør de beste løsningene for et helsefremmende inneklimate i fremtidens bygninger, kan bidra til en friskere befolkning. Det anses spesielt viktig å undersøke inneklimate i eksisterende boliger og inneklimatemessige konsekvensene av å oppgradere disse.

Summary in English

Concerns that the ambitions to introduce passive house performance in 2015 and "near zero energy level" in 2020 as building code requirements might cause unwanted health consequences have been raised. This document reports findings from a preliminary study financed by the Norwegian State Housing Bank and the Researching Council of Norway. The purpose of the study was to provide the basis for a more systematic study of indoor climate and health in Norwegian passive houses and reference dwellings over time, compare with studies in other countries, and identify the principal dwelling factors ensuring satisfactory indoor climate for all.

The report is not a complete knowledge status for all fields concerning health and indoor climate in passive houses, but aims at uncovering areas where more knowledge is needed.

Improved housing conditions will contribute to a life expectancy of a woman born in 2011 being 24 years longer than a woman born 100 years earlier. Risk factors like moisture damage, unsatisfactory ventilation rates, outdoor air pollution and radon from the ground, however are still present in dwellings in use today, and the remediation of such conditions can reduce the burden of disease. More knowledge about the links between indoor climate and health, risk factors in today's dwellings and what are the best solutions for a health-promoting indoor climate in the buildings of the future can contribute to a healthier population.

A risk assessment of probable differences between dwellings built according to TEK 10 (current building code) and NS 3700 (Passive house standard) indicates a limited need to research the differences between those building categories, as compared to the need for broader research on what constitutes a good indoor climate for all and how this can be ensured. An important reason for this conclusion is that the technological solutions to fulfill TEK 10 and NS 3700 requirements are not dramatically different. Both levels relies on well insulated, air tight constructions that depends on mechanical heat recovery ventilation and supplementary airing through windows to maintain a good indoor climate. The most important technological differences with possible indoor air consequences are preheating of supply air using under-ground ducts or ground heat exchanger, simplified heating systems – particularly if using supply air as heating medium, and rotating heat exchangers. There are indoor air risks connected to those technologies.

Other factors equal, NS 3700 houses have somewhat larger challenges pertaining to daylight, water damage remediation and depressurization when using kitchen extract hoods than TEK 10 houses. On the other hand, TEK 10 houses have somewhat larger challenges from drafts, uneven temperatures, moisture damage due to air convection and noise from outdoors. Additionally, energy efficient ventilation systems may have less problems with noise and unwanted temperature rise in supply air. The need for research on TEK 10 and passive house differences is small, because differences are small and the mechanisms behind differences are well described. The challenges caused by the differences should be met by dissemination of knowledge and good practical solutions.

The differences between passive houses and existing buildings are larger, and will for several reasons provide more fruitful research areas:

The biggest short term potential for energy savings is in the existing building mass. Large reductions in energy demands on existing buildings are technically demanding, and there is a more pressing need for developing safe and efficient upgrade solutions than solutions for new builds. More knowledge on indoor climate in existing buildings and how it is affected by refurbishments is necessary to include health effects in decision making on sustainable building upgrade. Also, existing buildings have properties that deviate strongly from passive houses, for instance large air leakages, natural or mechanical exhaust ventilation, lacking supply air infiltration, extensive use of hygroscopic materials, less well insulated building envelop, lack of vapour barrier, etc. Health effects, whether beneficial or detrimental, connected to newer building technologies will be easier to detect when comparisons are made with older / very different solutions. Studies of existing buildings will also contribute how buildings and their use changes over time, and how that affects indoor climate and inhabitant health.

In order to ensure satisfactory indoor climate for all in the buildings of the future, it is also a demand for more basic studies of the relationships between dwellings, usage and health, and risk assessments taking into account future scenarios for climate, socioeconomic conditions and population growth.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	8
1.1	Bidragstypene	8
1.2	Bakgrunn	8
1.3	Mål for forprosjekt	9
1.4	Definering av oppgaven	9
1.5	Kunnskapsgrunnlag	9
1.6	Oppbygningen av rapporten	10
2	Heslerelevante inneklimatefaktorer	10
3	Inneklimatefrelaterte helseforhold	16
4	Inneklimatef og helse i historisk perspektiv	17
5	Utviklingstendenser og drivere	19
5.1	Klimatefndringer	19
5.2	Energisparing og – omlegging	20
5.3	Eldrebølgen	20
5.4	Integrering og økt samfunnsdeltagelse	20
5.5	Livsstils- og helseendringer	20
5.6	Globalisering	20
5.7	Urbanisering, innvandring og befolkningsvekst	21
5.8	Deling av boligmarkedet?	21
6	Byggeprosess	21
7	Bygningskropp og byggematerialer	22
7.1	Termiske forhold	23
7.2	Tetthet og luftlekkasjer	23
7.3	Fukt	24
7.4	Støy	25
7.5	Dagslys og utsyn	25
7.6	Materialvalg og andre forhold	26
8	Ventilasjon og varme	27
8.1	Ventilasjonsløsninger og fukt	28
9	Innredning, utstyr, aktiviteter og overflatebehandlinger	28
10	Beboeradferd og -forventninger	29
10.1	Universell utforming og beboeradferd i passivhus	29
11	Risikoanalyse	30

11.1	Begrenset vindusareal/vinduer mot sør og nord.....	32
11.2	Høyisolerende vinduer.....	33
11.3	Økt isolasjonstykkelse.....	34
11.4	Økt lufttetthet.....	35
11.5	Svært lite kuldebroer.....	35
11.6	Balansert ventilasjon.....	36
11.7	Ventilasjonsanlegg med lav vifteenergi.....	37
11.8	Varmegjenvinning av ventilasjonsluft.....	38
11.9	Luftbåren oppvarming.....	38
11.10	Grunnvarmeveksler/kulvert for tilluft.....	39
12	Forskningsbehov.....	39
12.1	Arbeidsverksted.....	39
13	Pågående forskning.....	41
14	Forslag til forskningsaktiviteter.....	41
14.1	Referansemateriale for tilstanden til dagens boligmasse.....	41
14.2	Inneklimaeffekter av oppgradering.....	42
14.3	Langtidsoppfølging av inneklima i boliger med lavt energibehov.....	42
14.4	Beboeradferd ved oppgradering av boliger.....	42
14.5	Bruker- og vedlikeholdsvennlige ventilasjons- og oppvarmingssystemer.....	43
14.6	Metoder for vurdering av kjemisk eksponering fra byggematerialer under ulike forutsetninger.....	43
14.7	"Ikke-bygg" forurensningskilder.....	43
14.8	Sammenheng mellom fukt og fuktskader, mikroorganismer og utvikling av astma og allergi ...	43
14.9	Grunnleggende studier av årsaker til helse og sykdom.....	43
15	Finansieringsmuligheter.....	44
15.1	Norges Forskningsråd.....	44
15.2	Bygg 21.....	44
16	Oppsummering.....	44
17	Referanser.....	46
A	Abstract av prosjektbeskrivelse fra IBO / Universität Wien.....	50
B	Hva er et passivhus?.....	51
B.1	Historikk.....	51
B.2	Passivhaus Instituttets sertifiseringskriterier.....	51
B.3	Hovedtrekk i konseptet.....	52
B.4	Norsk Standard 3700:2010.....	52
B.5	TEK 10 og NS 3700 i sammenligning.....	53

1 Innledning

1.1 Bidragsyttere

I tillegg til forfatterne har mange gode krefter bidratt til rapporten, gjennom deltagelse i referansegruppen, deltagelse på arbeidsverksted eller innspill på epost. Forfatterne takker til alle for nyttig bistand. En spesiell takk rettes til spesiallege Jan Vilhelm Bakke for omfattende bistand med rapporten. Husbanken ved Are Rødsjø har gitt viktige innspill på tidlige utkast til rapporten.

Aktive deltagere i referansegruppen har vært Jan Vilhelm Bakke, Arbeidstilsynet, Marianne Bjerke, Helsedirektoratet, Oddvin Farestveit, Deltasenteret, Per Jæger og Lars Myhre, begge Boligprodusentene, Britt Ann K. Høiskar, Norges Astma og Allergiforbund, Jan Vilis Haanes, Universitetssykehuset i Nord-Norge.

Andre som har gitt verdifulle bidrag er Tormod Aurlien, UMB, Alena Bartonova og Susana Lopez-Aparacio, NILU, Arve Bjørnli, Anders Bjørnfot, Høgskolen i Gjøvik, Ole Erik Carlson, Mycoteam, Christoffer Aas Clementz, Mestergruppen, Ulrike Heinemann, Treteknisk Institutt, Mats Eriksson, VKE, Marit Hepsø, Kommunal og regionaldepartementet, Nils Ledermann NAAF, Anders Q. Nyrud, Treteknisk Institutt, William Rode, NVE, Knut Helge Sandli, Direktoratet for Byggkvalitet, Geir Sandsmark, Jadarhus, Knut Skogstad, Flexit, Knut R. Skulberg, Høgskolen i Oslo, Morten Solsem, ABK as.

Av kolleger på SINTEF Byggforsk vil vi spesielt takke Michael Klinski, Mads Mysen og Kari Thunshelle for viktige bidrag til rapporten. Rune Lind ved SINTEF Byggforsk har laget illustrasjonen på rapportforsiden.

Rapporten er utført av Sverre B. Holøs og Mette M. Maltha fra SINTEF Byggforsk, og Magnar Berge fra Høgskolen i Bergen / NTNU.

1.2 Bakgrunn

Det har lenge vært en etablert sannhet at boforhold har stor innvirkning på helse, jf. Vitruvius (Pollio, ca. 23 f.v.t) og i mer enn 150 år har det vært lovhjemmel for å stille helsemessig begrunnede krav til boliger i Norge (Skjønby, 2001).

Teknologisk utvikling og økt energifokus har endret og fortsetter å endre måten hus blir oppført på. Bruken og innredningen av våre bygninger endres også over tid. Det har vært påpekt at disse endringene i stor grad skjer uten at helsemessige konsekvenser er kjent eller undersøkt. Utredningsinstruksen (FOR 2000-02-18, med endringer 2005-06-24) slår fast at vesentlige konsekvenser, hvorav befolkningens helse er eksplisitt nevnt, skal forhåndsvurderes ved offentlige utredninger, forskrifter, m.m.

Historisk sett har bygningslovgivningen hatt sikkerhet og helse som viktige mål så langt tilbake som slik lovgivning er kjent, og dagens tekniske forskrift til plan- og bygningsloven (TEK 10) har som formål å sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres ut fra hensyn til god visuell kvalitet, universell utforming og slik at tiltaket oppfyller tekniske krav til sikkerhet, miljø, helse og energi.

Det vært reist spørsmål ved om myndighetenes ambisjoner om å innføre passivhusnivå som forskriftsnivå i 2015 og "nesten nullenergihus" i 2020 kan ha uønskede helsemessige konsekvenser, dvs. at hensynet til energi er for mye vektlagt i forhold til helse. SINTEF Byggforsk tok i 2012 initiativ til å undersøke nærmere hvilke eventuelle risikomomenter ved helse og inneklime i lavenergiboliger som bør følges opp og undersøkes nærmere. Denne rapporten inneholder resultater fra et forprosjekt finansiert av Husbanken og SINTEF Byggforsk gjennom grunnbevilgning fra Norges Forskningsråd.

1.3 Mål for forprosjekt

En del av skepsisen mot passivhus går ut på at standarden kan medføre dårligere inneklimate og at helserisikoen ikke er tilstrekkelig evaluert. Selv om flere studier fra Tyskland og Østerrike tyder på at passivhus kommer like godt eller bedre ut enn referanseprosjekter (Klinski, Thomsen et al. 2012), er det lite forskning publisert i fagfelleverderte tidsskrifter, og overførbarheten til norske forhold er noe usikker. Det er dessuten behov for kunnskap om hvordan inneklimate og beboernes helsetilstand utvikler seg over tid. Vedlegg A beskriver et pågående prosjekt i Østerrike som undersøker dette med målinger og spørreundersøkelser, direkte relatert til beboernes helse og luftveissykdommer.

Overordnet hensikt for oss er å skaffe mer kunnskap om inneklimateforhold i boliger med lavt energibehov, for å sikre i størst mulig grad at dette er tilfredsstillende både for normalbefolkningen og miljøhemmede. For å oppnå det, er hovedmålet med forprosjektet å legge grunnlag for mer systematisk undersøkelse av inneklimate og helse i norske passivhus og referanseboliger etter TEK over tid, sammenligne dette med studier i andre land, og identifisere de viktigste faktorer for at boliger kan gi tilfredsstillende inneklimate for alle.

1.4 Definerings av oppgaven

Gjennom arbeidet er det blitt klart at systematiske undersøkelser og risikovurderinger av inneklimate i eksisterende bygg er relativt mangelfull. Thomsen og Berge (2012) gjennomførte en litteraturstudie av inneklimate i energieffektive boliger, og rapporterte at det var lite publisert i fagfelleverderte vitenskapelige tidsskrifter, men noe mer i rapporter og konferansebidrag med en form for kvalitetssikring. Ulike former for casestudier dominerer litteraturen, og langtidsstudier er av forståelige grunner fraværende.

Derfor har vi sett det som nødvendig å forsøke å angripe problemstillingen fra to innfallsvinkler:

- hva er de viktigste faktorene for at boliger kan gi tilfredsstillende inneklimate for alle, og
- hvordan påvirker en innføring av passivhusnivå i 2015 inneklimate og helse, dvs. hva er forskjellen mellom passivhusnivå og TEK 10 nivå.

Fordi kunnskapsnivået på flere felter er usikkert, har vi lagt særlig vekt på å identifisere udekkede forskningsbehov som gjør svarene på de to spørsmålene usikre.

Det er for tiden usikkert hva som ligger i begrepet "passivhusnivå". Olje- og energiministeren¹ uttalte for eksempel i februar 2013 at begrepet passivhusnivå nå skal fylles med innhold. For å vurdere konsekvensene er det nødvendig å kjenne til hva man faktisk skal vurdere konsekvensene av, så i dette prosjektet har vi forutsatt at begrepet passivhus har et innhold tilsvarende NS 3700:2010. Videre har vi konsentrert oss om å vurdere konsekvensene av det vi vurderer som de mest sannsynlige tekniske løsningene for å oppfylle funksjonskravene i denne standarden. Det innebærer i stor grad løsninger slik de er beskrevet i Byggforskeren. For å klargjøre vår oppfatning av passivhus, slik det er behandlet i denne rapporten, ytterligere, har vi inkludert en forklaring av konseptet i tillegg B. I løpet av prosjektet ble NS 3700 revidert, og minstekrav til isolasjonsverdi i yttervegg, tak og golv ble fjernet. For å oppfylle minstekrav til varmetapstall vil det likevel være nødvendig med meget godt isolerte ytterkonstruksjoner, så konsekvensen av denne endringen er liten.

1.5 Kunnskapsgrunnlag

Prosjektet har ikke hatt rammer til omfattende litteratursøk eller systematisk gjennomgang av primærlitteratur. I stedet er det gjengitt data fra utvalgte nyere oppsummeringer og interessante enkeltstudier, samt synspunkter fra aktører som har svart på spørreundersøkelser eller deltatt i møter og arbeidsverksteder.

¹ Ola Borten Moes åpningstale på ENOVA-konferansen 2013, http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/aktuelt/taler_artikler/minister/olje--og-energiminister-ola-borten-moe/enovakonferansen.html?id=712972

Rapporten tar ikke sikte på å gi en oppdatert kunnskapsstatus på alle felter som angår helse og innelima i passivhus, men forsøker å avdekke områder der det er behov for mer kunnskap ved å analysere forskjeller mellom ulike typer boliger og hvilke konsekvenser disse forskjellene kan ha.

Folkehelseinstituttet utarbeidet i 1996 faglige normer for inneluftkvalitet. De oppdaterte normene publiseres våren 2013 og reflekterer kunnskapsstatus på de områdene den dekker, basert på omfattende studier av referert litteratur. Normene vil danne et godt utgangspunkt for videre litteraturstudier som er foreslått som en del av de forskningsoppgaver som er beskrevet i rapporten.

1.6 Oppbygningen av rapporten

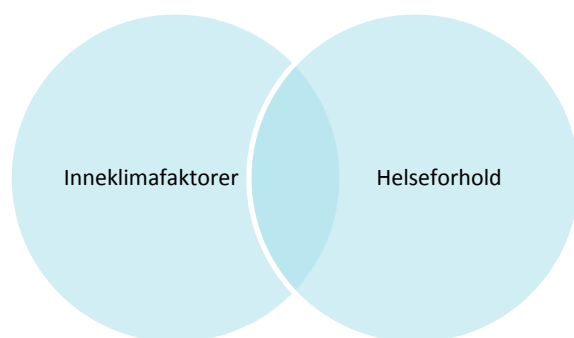
Rapporten beskriver først i korte trekk noen helserelevante inneklimafaktorer (kap. 2) og noen innelima-relevante helseforhold (kap. 3). Hensikten med å fremstille det på begge måter er å legge til rette for risikovurderinger som ikke er unødig innsnevrende før selve vurderingen starter. Deretter gis det et enkelt historisk resymé av helse og innelima (kap. 4). Dette er med for å gi referanserammer for dagens innelima-debatt, eksemplifisere hvordan teknologisk, økonomisk og regulatorisk utvikling sammen påvirker innelimaforhold og helse, samt tydeliggjøre at eksisterende bygninger er oppført og brukt under ulike rammebetingelser som igjen påvirker hvordan disse kan og bør utvikles videre. Som det fremgår av dette kapitlet er det etter vår oppfatning grunn til å vektlegge forhold og tiltak i eksisterende boliger mer.

I (kap. 5) går vi gjennom hvordan noen sannsynlige drivere kan påvirke innelima fremover. På grunn av bygningers lange levetid er det ønskelig å designe disse slik at de er robuste overfor endrede forhold.

Disse kapitlene danner bakgrunnen for kapitlene 7 til 10 der vi forsøker å beskrive bygningsmessige forhold som kan påvirke innelima-betinget risiko, først generelt, og deretter spesielt for passivhus.

Diskusjonen oppsummeres i en enkel risikovurdering (kap. 11) som leder fram til en diskusjon av forskningsbehov (kap. 12) som utarbeides til beskrivelse av mulige aktiviteter (kap. 14). Avslutningsvis gir vi informasjon om noen relevante forskningsaktiviteter som allerede pågår (kap. 13) og noen mulige finansieringsmekanismer (kap. 15)

2 Helserelevante innelima-faktorer



I dette kapitlet listes det opp en rekke innelimaforhold som er påvist eller antatt å ha en helseeffekt. Helse er her brukt i en relativt vid forstand, i tråd med WHO's definisjon, selv om hovedvekten er lagt på forhold som disponerer for ubehag, plager eller sykdom. Lista er tenkt som et grunnlag for å diskutere hvordan endringer i byggeskikk kan påvirke innelimaforhold som igjen kan ha en helseeffekt.

Det er listet opp noen mulige sammenhenger. Relevansen er i mange tilfeller usikker, blant annet fordi man vet lite om faktisk eksponering. Det er derfor behov for en kritisk analyse av dette som en del av foreslåtte forskningsaktiviteter. En del av faktorene er diskutert grundig av WHO (Heseltine, Rosen et al. 2009; World Health Organization. 2010) og Folkehelse (1996 og 2013). For disse er det relativt klare sammenhenger mellom eksponering og risiko, og det foreligger anbefalinger. Det er grunnleggende vanskelig å studere sammenheng mellom eksponering for lave doser over lang tid og effekter som kan ta lang tid på å utvikle seg, og bare gjelder utsatte befolkningsgrupper (eks. kreft, astmautvikling). Dette kan begrunne et føre var-

prinsipp: eksponeringer for stoffer der man mistenker biologiske effekter ut fra forsøk med dyr eller cellekulturer, eller stoffer som er persistente og bioakkumulerbare bør undersøkes, og unødvendig eksponering unngås.

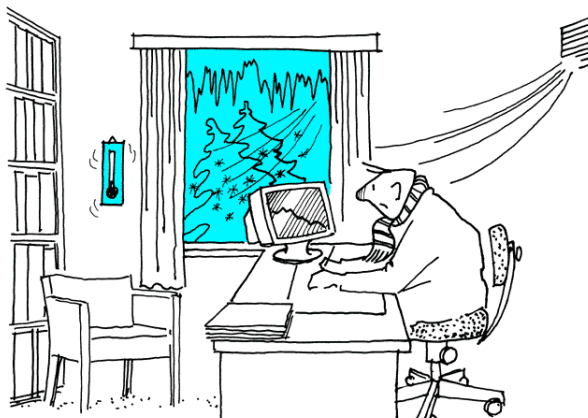
Tabell 1 tar for seg ulike faktorer. Disse er delt inn i de hovedgruppene av forhold som utgjør inneklima:

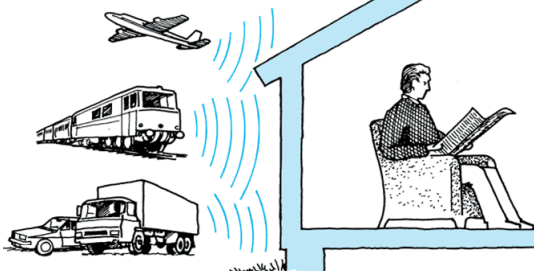
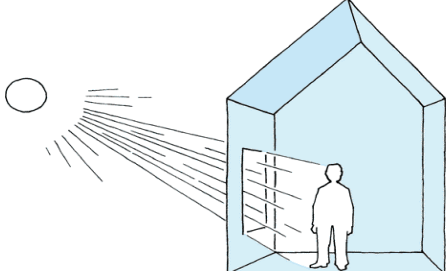
- termiske forhold,
- akustiske forhold,
- lys og strålingsforhold,
- atmosfæriske forhold: partikler, uorganiske gasser og organiske gasser.

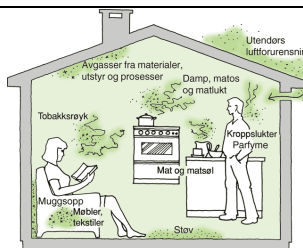
Mekaniske, psykososiale og estetiske forhold er også av stor betydning, men er ikke tatt med i tabellen. De fleste slike faktorer er vanskelig kvantifiserbare og sammenhenger med spesifikke helseforhold og spesifikk bygningsteknologi svært uklare. Det som er dokumentert i flere studier er at opplevd kontroll over egen situasjon og miljø er av stor betydning for hvor fornøyd man er med omgivelsene. Uten individuell kontroll vil for eksempel minst en av ti være misfornøyd med temperaturen i et arbeidsmiljø. De fleste studier er fra arbeidsmiljø, men mye av dette kan også være relevant i boliger. Mange forhold oppleves ulikt i arbeid og bolig der brukerne selv ofte har mye bedre egen kontroll. Temaet er berørt i avsnittet om brukeradferd og forventninger. Tilsvarende argumentasjon gjelder for forståelse og mestringsopplevelse i forhold til omgivelser og teknologi. Estetiske forhold og boligens generelle brukskvaliteter er svært relevant for helse i vid forstand, men er ikke håndterbart innen rammen av et prosjekt som det som er rapportert her.

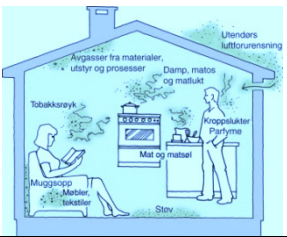
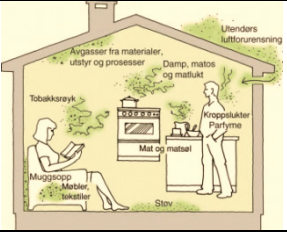
En alternativ og mer løsningsrettet angrepsmåte kunne være å liste opp kilder og løsninger; slik som oppvarmingssystem, forbrenningskilder, ventilasjonsløsninger, og så videre. En hovedutfordring med en slik tilnærming ville være mangelen på gode data. Noen studier som knytter (positive) helseeffekter til bygningsmessige tiltak er Howden-Chapman et al (2011 og 2012), Thomson et al. (2009) og WHO (2011).

Tabell 1 Inneklimafaktorer og helseeffekter

Termiske forhold		
		
Faktor	Mulig påvirkning / effekt	Kommentar / ref.
Høy romtemperatur	Tretthet, redusert konsentrasjons- og yteevne, dårlig opplevd luftkvalitet, redusert komfort, overdødelighet (bl.a. hjerte- og karsykdommer).	(Fang, Wyon et al. 2004),
Lav romtemperatur	Redusert komfort, symptomforverring, redusert førlighet, overdødelighet (bl.a. hjerte- og karsykdommer)	
Trekk	Redusert komfort, symptomforverring	(Toftum, Melikov et al. 2003)
Termisk asymmetri	Redusert komfort, symptomforverring	
Høy luftfuktighet	Økt infeksjonsrisiko, redusert komfort	(Tellier 2009)
Lav luftfuktighet	Redusert komfort (tørre øyne, tørr og irritert nese/ hals, tørr hud), økt infeksjonsrisiko.	(Wolkoff and Kjaergaard 2007)

Akustiske forhold		
		
Faktor	Mulig påvirkning / effekt	Kommentar / ref.
Støy (utendørs kilder, naboenheter, tekniske anlegg)	Redusert trivsel, prestasjons- evne, søvn, kommunikasjon og sosial adferd.	Folkehelse, 1996
Uheldig demping / etterklangstid	Redusert trivsel, prestasjons- evne, kommunikasjon og sosial adferd.	
Lys- og strålingsforhold		
		
Faktor	Mulig påvirkning / effekt	Kommentar / ref.
Mangelfull belysning (utilstrekkelig lys, dårlige kontrastforhold, dårlig fargegjengivelse)	Tretthet, konsentrasjons- problemer, irritabilitet, såre øyne, hodepine, redusert arbeidsevne og trivsel, økt ulykkesrisiko.	
Lite tilgang på dagslys	Trøtthet, redusert helse, funksjon og produktivitet (Edwards & Torcellini, 2002). Redusert trivsel/komfort, døgnrytme- forstyrrelser, depresjon.	Skiftarbeidere har overhyppig- het av bl.a. søvnforstyrrelser, overvekt, hjertelidelser, bryst- og prostatakraft. Mangel på dagslys og redusert melatonin- produksjon kan være en faktor i dette. (Waage, 2007).
Ioniserende stråling fra radon og radondøtre	Økt risiko for lungekreft.	WHO (2009)

Atmosfæriske forhold: partikler		
		
Faktor	Mulig påvirkning / effekt	Kommentar / ref.
Finpartikler fra utendørs kilder, innendørs forbrenning eller kjemiske reaksjoner innendørs	Redusert lungefunksjon, KOLS, bihulebetennelse, forverring av astma og KOLS, økt dødelighet av hjerte- og karsykdommer. Trolig forverring av allergi ved at allergener binder seg til partiklene.	Folkehelsa 1996
Pollen	Allergiske reaksjoner.	Kjent for bl.a. bjørk, gressarter, burot.
Soppsporer og andre mikrobielle partikler	Allergiske reaksjoner Utvikling av allergi.	
Middallergener	Allergiske reaksjoner.	Hovedsakelig fra husstøvmidd.

Atmosfæriske forhold: Uorganiske gasser 		
Faktor	Mulig påvirkning / effekt	Kommentar / ref.
NO _x	Hoste, bronkitt, allergiforverring, nedsatt lungefunksjon.	
CO	Kvelning	Binder seg til hemoglobin og hemmer oksygentransport. Dødelig i høyere konsentrasjoner som kan forekomme med uventilert, ufullstendig forbrenning.
SO ₂	Forverring av luftveislidelser som astma og KOLS	
Ozon	Nedsatt lungefunksjon, bronkitt, astma.	
Atmosfæriske forhold: Organiske gasser 		
Formaldehyd	Astmaforverring og –utvikling, luftveisinfeksjoner.	Folkehelsa 1996, Becher 2012
Lettflyktige organiske forbindelser (VVOC-very volatile organic compounds)		
Flyktige organiske forbindelser (VOC-volatile organic compounds)	Svært varierende mellom ulike forbindelser. AgBB angir LCI (laveste konsentrasjon av interesse) for ca. 170 ulike forbindelser, varierende fra 1 – 21 000 µg/m ³ . Stoffer som forekommer i inneluft kan lukte, irritere, bidra til å utvikle eller forsterke allergiske sykdommer, utløse astma eller øke risiko for kreft.	Umweltbundesamt, 2012. Det er få undersøkelser som tyder på høye konsentrasjoner av skadelige VOCer er vanlig i inneluft. Usikkerhet om reaksjonsprodukter i inneluft og særlig adsorbent på overflater.
Tungflyktige organiske forbindelser	Astmautvikling, redusert fertilitet, m.m.	Sammensatt gruppe, inneholdende bl.a. ftalater, polyglykoletere, organofosfater, bromerte flammehemmere m.m.. Mange miljøgifter tilhører denne gruppen. Det er generelt liten kunnskap om eksponering i innemiljø, forholdet til andre eksponeringsveier og effekter.

3 Inneklimarelaterte helseforhold

Tabell 2 gir en kort oppstilling over en del helsefaktorer som kan være påvirket av inneklimaforhold. Helse er her tolket i en relativt vid forstand. Lista inneholder dermed forhold som spenner fra alvorlige sykdommer til trivielle ubehag, og fra presise diagnoser til sammensatte forhold som trivsel og ytelse. Graden av sammenheng spenner fra sterk sammenheng med høy evidensgrad til spekulasjoner om noe økt risiko. Hensikten er å skape et grunnlag for diskusjon av hvilke effekter og påvirkninger det kan være verdifullt å undersøke i kommende prosjekter.

Nasjonalt Folkehelseinstitutt (2013), kap. 2, gir en god oversikt over kunnskapen om 5 grupper av sykdommer og plager:

1. Hud- og slimhinneirritasjoner, hodepine og luktplager
2. Luftveissykdommer og allergiske reaksjoner i luftveiene
3. Hjerte- kar sykdommer
4. Kreft
5. Forverring av luftveisinfeksjoner

Vi viser til denne publikasjonen for mer informasjon og referanser om disse sykdomsgruppene. I tillegg gir samme publikasjon en god diskusjon av helseplager tilskrevet miljøfaktorer. Det er viktig å være klar over at hverken Nasjonalt Folkehelseinstitutt (2013) eller tabell 2 gir nærmere omtale av bl.a. miljøkemikalier som i dyreforsøk er vist å ha hormoneffekter og kunne påvirke reproduksjonsevne og fosterutvikling, men som har meget mangelfull dokumentasjon på eventuelle effekter på mennesker. Heller ikke andre sykdommer med mangelfullt forstått etiologi er listet opp, uten at inneklimarelevans heller kan utelukkes.

Tabell 2. Mulige effekter med sammenheng med inneklimateforhold

Effekt	Mulige inneklimate relaterte årsaker / risikofaktorer
Lungekreft	Tobakksrøyk, stråling fra radondøtre, asbestfibre, forbrenningspartikler ²
Luftveisinfeksjoner (og andre luftbårne infeksjoner)	Fuktskader, fuktig luft, lite ventilasjon, svært tørr luft, forbrenningspartikler ² , uhensiktsmessig ventileringsanlegg, legionella i installasjoner
Søvnforstyrrelser	Støy, fuktskader, lite dagslystilgang
Reumatiske lidelser, forverring	Kulde, trekk
Astma utvikling / forverring ³	Formaldehyd, ftalater, NO ₂ , svevestøv, allergener fra mikroorganismer, pollen, midd, fuktskader, forbrenningspartikler ²
Allergi utvikling /forverring	Formaldehyd, ftalater, fuktskader, allergener fra mikroorganismer, pollen, midd, ulike dyr, forbrenningspartikler ²
Redusert produktivitet	For høy temperatur, for lav temperatur, "forurenset luft", støy
Redusert konsentrasjonsevne	Overtemperatur, støy, forurensningskilder, mangelfull ventilasjon, fuktskader
Tretthet	Generelle plager som påvirkes av en rekke forhold
Hodepine	
Termisk ubehag / diskomfort	Trekk, temperatrasymmetri, for høy eller lav temperatur
Kvalme	Vanlige plager som forekommer oftere i inneklimate med dårlig luftkvalitet
Tett eller rennende nese	
Tørre, såre eller kløende øyne	
Sår hals	
Rød, irritert eller kløende hud	
Eksem	Byggestøv (mineralullfibre, sementstøv), irritanter
Blodtrykk, forhøyet	Allergener, irritanter (eks i støv)
Hjerte- og karsykdom	Støy
Hjerte- og karsykdom	Støy, forbrenningspartikler ²
KOLS	Fuktskader, forbrenningspartikler ²

4 Inneklimate og helse i historisk perspektiv

Kunnskap om at boforhold påvirker helse har som nevnt vært beskrevet fra antikken. I løpet av 1800-tallet ble kunnskapen i større grad vitenskapelig systematisert og tatt i bruk gjennom bl.a. undersøkelser om luftkvalitet, ventilasjon og helse (eks. Pettenkofer, 1858), levekårsundersøkelser (eks. Sundt, 1862, 1869) og de første folkehelselovene (Act on Public Health, 1848, Sunnhetsloven 1860). Innemiljøet var preget av innendørs forbrenning til belysning, (tyristikker, tran og etter hvert parafin), trangboddhet, fuktproblemer, kulde, trekk, dårlige sanitære forhold og usikker tilgang på rent vann. Arbeiderboliger rundt de framvoksende industristeder nødvendiggjorde tiltak, ikke minst for å redusere dødelighet på grunn av smittsomme sykdommer. Forventet levealder midt på 1800-tallet var godt under 50 år, og barnedødeligheten over 10 %. Smittsomme sykdommer som tuberkulose, kolera, lungebetennelser og lepra tok mange liv. Helsetilstanden i befolkningen har siden den gang utviklet seg svært positivt, men det er vanskelig å skille

² Partikler fra innendørs eller utendørs forbrenning, ofte i form av ultrafine partikler (UFP). Partikler av annen opprinnelse (eks. reaksjoner mellom VOC og ozon) har trolig tilsvarende egenskaper.

³ Det er ikke nødvendigvis sammenfall mellom hva som initierer og utløser astma og allergi, men det er ikke faglig enighet om hva som er hva.

mellom ulike årsaker. Bedre tilgang på rent vann, bedre ernæring, hygiene, vaksiner og helsestell er åpenbart viktige årsaker, men det er all grunn til å tro at bedre isolerte, ventilerte og opplyste boliger og mindre trangboddhet har hatt vesentlig betydning for bedret helsetilstand.

Endringene i boforhold har vært sterkt påvirket av lovgivning, økonomisk og teknisk utvikling, ikke nødvendigvis i den rekkefølgen. Hovedtrekkene er at boligene har blitt sunnere og mer komfortable, men at det har vært betydelige boligsosiale forskjeller som har hatt stor betydning for hvordan ulike grupper har kunnet nyttiggjøre seg denne utviklingen. Ny utvikling har også gitt nye utfordringer, for eksempel ved at produkter og konstruksjoner som ikke har vært tilstrekkelig utprøvd har vært tatt i bruk (for eksempel Multielementer, som viste seg å være svært utsatt for muggvekst), eller ved at produkter har vist seg å ha ukjente, skadelige egenskaper (som for eksempel asbest, formaldehyd i bl.a. sponplater).

Energiknappheten i forbindelse med oljekrisen på 70-tallet og ukritisk energisparing som følge av dette er vist å ha uheldige helsekonsekvenser (Engvall, Norrby et al. 2003)

Noen stikkord for viktige utviklingstrekk er gitt i tabell 3. Det kunne knyttes en diskusjon om helsekonsekvenser til svært mange av stikkordene.

Tabell 3. Noen utviklingstrekk med relevans for boforhold og inneklime

Tid	Samfunn	Lovgivning	Teknologi
1850-1899	Industrivekst og urbanisering. Økonomisk vekst.	Sunnhetsloven. Byggeforskrifter i storbyene. Lov om bygningsvesen (1848 og '96)	Rabitzpuss (1890), sementproduksjon. Stor teglproduksjon. Bygningspapp. Linoleum (norsk fra 1898). Pløyd lafteplank. Parafin – og gaslamper.
1900-1919	Svakere vekst og mindre bygging		Tangmatter, korkisolasjon, mer bruk av betong. Elektrisk belysning.
1920-1939	Sosial boligbygging. Vekst og depresjon.	Bygningslov for byene (1924). Første standarder for byggprodukter	Armert betong, treullsement, trefiberplater. Sydde mineralullmatter. Maskinglass. Sement i puss og mørtel.
1940-1947	Krise og krig. Lite bygging		
1948-1959	Boligmangel. Gjenreisning. Boligbyggelag.	Byggeforskrifter 1949	Lett bindingsverk, industrialisert bygging. Elastiske mineralullmatter. Gassbetong og lettklinkerblokker produseres i Norge. Sponplater. Asbestsement. Tynne plastfolier, reflekspapp. Alkydforsterket maling. PVC-fliser (asbest)
1960-1969	Større leiligheter og eneboliger, store barnekull.	Bygningslov for hele landet (1965). Byggeforskrift 1969	Isolerglass. PCB i isolerglass og ekspansjonsfuger. Plastfolier. EPS. Fra glassvatt til glassull. Gipsplater. Karbamidskum til etterisolering. PVC-belegg
1970-1979	Oljekrise. Begynnende arbeidsinnvandring. Inflasjon og høy rente.		Modulbygging. Betongelementer. Multielementer. PUR-skum. Oljeemulsjonsbeiser.
1980-1989	Velstandsøkning. Innvandring. Fra ferdighus til typehus. Liberalisering.	Skjerpede energikrav 1980 og 1987 (Ny forskrift). PBL (1985)	Økende antall kjemiske byggprodukter. Fjernvarme.
1990-1999	Fra byggekrise til ny vekst	PBL-reform. Egenkontroll og ansvarsrett.	Trelagsruter. Energibelegg. Balansert ventilasjon med varmegjenvinner. Forenklede undertak. Vindsperreduk. Varmepumper. PEX-rør for vann og varme.
2000-2012	Velstandsøkning og innvandring. Urbanisering. Klimaendring på dagsorden	Skjerpede energikrav 2007	Roterende gjenvinner (for boligventilasjon.) Alternative isolasjonsmaterialer.

5 Utviklingstendenser og drivere

Kapittelet oppsummerer noen drivere som kan ha betydning for boliger, helse og inneklime fremover.

5.1 Klimaendringer

På grunn av menneskelige utslipp av klimagasser i kombinasjon med naturlige klimavariasjoner, ventes det at klimaet i Norge vil bli varmere, fuktigere, og med hyppigere forekomst av ekstremvær. Dette ventes å føre til flere skader av sopp og andre mikroorganismer, både på grunn av generelt bedre livsbetingelser for disse, flere flom- og stormskader, samt økte fukt- og vindbelastninger i byggetiden.

Et mildere klima kan også føre til lettere etablering av nye plante- og dyrearter. Noen av disse kan være sterkt allergifremkallende⁴. Pollensesongen vil bli lengre. Mildere og fuktigere vintre kan gi bedre livsvilkår for husstøvmidd, som ellers kan begrenses av lav luftfuktighet vinterstid.

5.2 Energisparing og – omlegging

For å redusere klimapåvirkning, bedre forsyningssikkerhet og oppfylle internasjonale forpliktelser er det prioriterte politiske mål å redusere energibruken i boligmassen og erstatte fossilt brennstoff og elektrisk energi med lokal fornybar energi. Det ser også ut til være en trend mot økt bruk av naturgass og biogass til oppvarming og matlagning. Økt bruk av biobrensel, gass og avfall som energikilder kan redusere lokal luftkvalitet, mens utfasing av oljefyring kan bedre den lokale luftkvaliteten.

Omlegging fra bensin til diesel som drivstoff har allerede påvirket lokal luftkvalitet negativt. Økt bruk av elbiler, hydrogenbiler og hybridbiler fremfor bensin- og dieslbiler kan bidra til å reversere denne utviklingen.

5.3 Eldrebølgen

En økende del av befolkningen vil være i de eldre aldersgruppene. I 2040 forventes mer enn dobbelt så mange i aldersgruppen 80+ enn i dag⁵. Det kan forventes at et økende antall med funksjonstap og til dels pleiebehov vil bli boende hjemme. Samhandlingsreformen er et politisk tiltak som bygger på at pleie skal utføres på et mest mulig lokalt nivå, dvs. at kommunene skal overta pasientansvaret fra spesialisthelsetjenesten så tidlig som mulig etter medisinsk ferdigbehandling. Flere private hjem vil derfor bli oppholdssted for syke, og arbeidssted for ansatte i pleie- og omsorgssektoren.

Bygningen må kunne opprettholde et tilfredsstillende inneklima både for beboere og hjelpere selv om beboere ikke er i stand til å ivareta nødvendige vedlikeholdsoppgaver selv. Vedlikeholdsvennlig utforming av tekniske anlegg kan innebære både at de er lett tilgjengelige, krever lite fysiske krefter osv., at anleggene "sier ifra" ved funksjonssvikt eller vedlikeholdsbehov, enten lokalt eller ved enkel tilkobling til varslingsystemer, og at tiltakene er enkle og intuitive.

5.4 Integrering og økt samfunnsdeltagelse

Det er et politisk uttrykt mål at "alle skal med". Dette innebærer bl.a. at psykisk utviklingshemmede og andre med redusert boevne eller funksjonsnivå søkes mest mulig integrert i samfunnslivet, inkludert boligmarkedet. Dette er noe av bakgrunnen for ønsket om universell utforming. I inneklimasammenheng betyr dette for eksempel at trinnfri adkomst ikke må medføre fuktskader, og at godt inneklima må kunne oppnås selv om beboer har redusert fysisk eller psykisk funksjonsevne.

5.5 Livsstils- og helseendringer

Befolkningen er tyngre og mindre fysisk aktiv enn tidligere. Livsstilsrelaterte sykdommer som diabetes, KOLS og sykkelig overvekt er blitt vanligere, det samme gjelder astma, allergi og psykiske plager. Antallet uføre øker. Økningen i antallet uføre og alderstrygdede vil gjøre eksponering for inneklima i boliger relativt viktigere. Innendørs luftkvalitet har stor betydning for livssituasjonen for en andel av de som har overfølsomhetssykdommer.

5.6 Globalisering

Økt handel- og reisevirksomhet medfører at en stadig økende del av produkter er produsert utenfor vårt land eller vår verdensdel. I praksis vil produktenes kvalitet være mer avhengig av internasjonale enn nasjonale

⁴ Eksempelvis er den sterkt allergifremkallende planten beiskambrosia (*Ambrosia artemisiifolia*) i ferd med å etablere seg i våre naboland.

⁵ Norgeshelse <http://158.36.43.171/norgeshelse/>

regelverk og kontrollordninger. Det er uklart hvordan dette vil påvirke produkters inneklimateprofil, men det er tenkelig at en del produkter vil inneholde uønskede stoffer, eller være dårlig tilpasset bruk i norsk klima og norske bygninger.

En annen effekt er spredning av organismer. Det er allerede vist at skadeinsekter som naturlig hører hjemme i andre verdensdeler kan etablere bestander i hus.⁶ Spredning av smittsomme sykdommer mellom ulike land skjer raskere.

5.7 Urbanisering, innvandring og befolkningsvekst

Urbanisering og befolkningsvekst gjør at byene Oslo, Bergen, Trondheim og Stavanger vokser raskt. Dette sammen med begrensede arealer for vekst, fører til stort press på fortetting. Det er også en klar trend mot mindre boliger. Det kan ventes at flere vil bo i mindre leiligheter med dårligere daglysforhold, mer forurenset uteluft og flere utendørs støykilder. Utendørs luftkvalitet er i dag et problem i flere av våre største byer, med mange overskridelser av grenseverdier. Det kan tenkes at økt fortetting fører til raskere omlegging fra biltransport til kollektivtrafikk, og dermed bedre støy- og luftkvalitet.

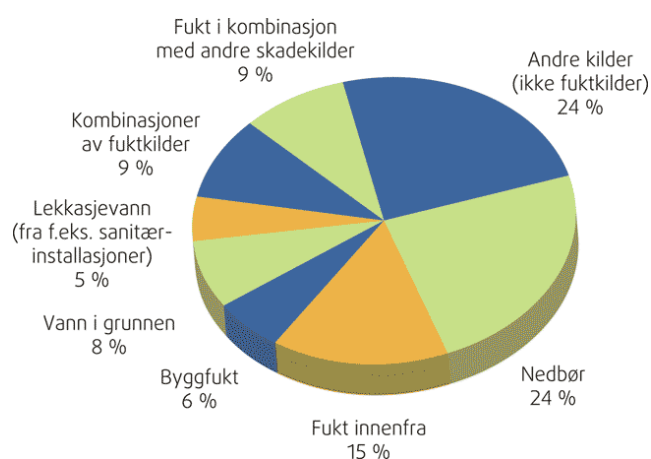
Innvandring kan føre til at en andel av befolkningen har andre bovaner og forventninger til hvordan bygninger er oppført og forvaltes.

5.8 Deling av boligmarkedet?

En langvarig trend har vært at kostnadene for bygging av bolig har steget noe mer enn prisveksten for øvrig, mens prisen på boliger har steget langt mer enn prisveksten. Investering i bolig er skattemessig langt mere gunstig enn de fleste andre formuesobjekter, og det er dermed grunn til fortsatt vekst i boligprisene, i tillegg til prisvekst som drives av tomtemangel og økte nybyggkostnader. Dette kan føre til en reversering av utviklingen mot selveierboliger som har vært tydelig gjennom etterkrigstiden, og til et mer segmentert boligmarked der flertallet bor i kostbare boliger av høy standard, mens et voksende mindretall er henvist til et leiemarked. Konsekvensene av dette er uklare. En viktig bakgrunn for at Byfornyelsen ble satt i verk i Oslo var de slumlignende tilstandene i utleieleiligheter (Lindal & Butenschøn, 1982). En betydelig andel av det norske utleiemarkedet består av hybler og hybelleiligheter i private eneboliger. Undersøkelser foretatt av Stavanger kommune tyder på at ulovlige forhold er vanlige i utleiemarkedet. Forskrift om miljørettet helsevern gjelder ikke boliger, og Folkehelseloven gir ingen hjemmel for offentlige instanser til å gripe inn og kreve retting av helseskadelige forhold i leiligheter, annet enn i spesielle tilfeller.

6 Byggeprosess

Ingvaldsen (1994, 2006) anslår en fordeling av årsaker til byggskader som angitt i figur under. Skader med konsekvenser for inneklimate antas ikke å avvike vesentlig fra denne fordelingen. Det er altså først og fremst byggherrens rammebetingelser, prosjekteringsprosessen og utførelsen som fører til skader. Byggskadestatistikken er ikke dekkende for inneklimateproblemer, da disse ofte er driftsrelatert, eller kan skyldes mangel på sikker viten. Likevel er alle årsakene til byggskader svært relevante for inneklimateproblemer, og mange byggskader har også dårlig inneklimate som følgeskade.



Figur 6-1 Årsaker til prosessforårsakede byggskader. Fra Byggforskserien 700.110

⁶ Gjelder bl.a. brun pelsbille ("Majorstubble"), faraomaur og ulike kakerlakker.

I utgangspunktet vil man ikke forvente at skadeårsakene påvirkes direkte av energiytelsen til bygget. Det kan likevel være grunn til å peke på at høy ytelse (generelt) stiller større krav til prosjektering, utførelse og materialer. Disse høyere kravene kan føre til flere feil, eller mer omfattende konsekvenser av feil. Det er på den annen side også mulig at bevisstheten om høye krav gir økt fokus og redusert feilprosent. Erfaringene med lufttetting kan tyde på at skjerpede krav har ført til færre overskridelse av kravet, fordi man er forberedt på å bli målt opp mot et krav. Husbanken⁷ (2010) hevder at bygningskropp, tetting og utforming av detaljer normalt vil være bedre kvalitetssikret i passivhus.

Rehabiliteringsarbeider i eksisterende bygg kan være faglig mer krevende enn tilsvarende nybygging. TEK er utformet slik at det stilles strengere krav ved "hovedombygging" enn ved mindre tiltak. Dette har ført til at enkelte byggherrer har valgt å oppgradere i flere, mindre operasjoner. Det er sannsynlig at en slik fremgangsmåte gjør prosessen mindre oversiktlig og øker risikoen for et dårlig resultat.

Byggeprosess i passivhus

Grundigheten i prosjekteringen har stor betydning for det ferdige byggets kvaliteter. Det har vært hevdet at det tyske prosjekteringsverktøyet PHPP gir en grundigere prosjektering av bygg og installasjoner for å oppnå godt innneklima med lite energibruk, og at dette gir mindre risiko for uheldige løsninger enn forenklet prosjektering og bruk av energitiltaksmetoden for å dokumentere samsvar med forskriftskrav. Tilpasning til lokale forhold ved at det beregnes etter lokale klimaforhold kan bidra til å sikre at spesielt termisk innemiljø blir tilfredsstillende. Det er mer usikkert om dette videreføres ved innføring av passivhusnivå som forskriftskrav. Det kan tenkes at typiske pilotprosjekter, slik som de første passivhusene som er oppført, har bedre rammebetingelser for prosjektering og bedre oppfølging enn flertallet av byggeprosjekter. Dette utgjør en generell metodemessig utfordring ved all sammenligning mellom pilotbygg og referansebygg, og bør inngå i risikovurderingen av forskriftsendringer.

Krav til lufttetthet og lave kuldebroverdier, og oppfølging av disse kravene betinger mer detaljert prosjektering og utførelse av tettesjikt enn det som har vært gjengs. Det bør undersøkes om dette fører til at også andre kvaliteter bedres, uten at vi har funnet omfattende dokumentasjon av dette. En plausibel forklaring til at prosjektene eventuelt lykkes i høyere grad lykkes kan være at arkitekt, rådgiver og utbygger samarbeider tidligere i prosjekteringen, for å løse praktiske detaljer på en kostnadseffektiv måte. Praksisen med å forsøke å oppnå tetthet både i vindspærre og dampspærre bidrar i seg selv til økt fuktskadesikkerhet, se avsnitt 7.3.

På grunn av faren for byggfukt, vil bygging under tak være mer aktuelt for høyisolerte bygninger som passivhus. Dette vil også beskytte produksjonsprosessen mot vær og vind, og kan bidra til høyere kvalitet og færre feil under bygging.

7 Bygningskropp og byggematerialer

Historisk sett har man stort sett oppført bygg med så lufttette og isolerende ytterkonstruksjoner som økonomi og teknologisk utvikling har tillatt. Dette har påvirket innneklima først og fremst gjennom termisk innneklima, ventilasjon og risiko for fuktskader, men også gjennom støyisolering og avgassing fra materialer. Det er vanskelig å skille effektene fra hverandre.

⁷ http://www.husbanken.no/miljo-energi/mg_nybygg_verktoy/energieffektive-boliger-for-fremtiden_gul_handbok/~/media/Miljo_energi/Energieffektive_boliger_Juli_2012.ashx

7.1 Termiske forhold

Som hovedtrekk har termisk komfort blitt gradvis bedre over tid, med visse tilbakeslag i perioder med materialknapphet, og med betydelige sosiale forskjeller. Dette kan ha bidratt til økt levealder. Enkelte undersøkelser tyder på at det er større årstidsvariasjoner i dødelighet (mer dødelighet om vinteren) i land med dårlig isolerte bygninger (Storbritannia, Portugal) enn i skandinaviske land, der de fleste boliger og andre bygninger er bedre isolert. Programmet «Warm front UK» (Green & Gilbertson, 2008) anslo at bedret isolasjon økte forventet levealder med 0, 26 måneder alene, og med 0, 56 måneder i kombinasjon med bedret varmesystem. Iverson & al (1986) rapporterte bedring av ryggsmertor, leddsmertor og hodepine etter skifte til bedre vinduer i Danmark. Analyse av dødsfall under en varmebølge i Frankrike identifiserte dårlig isolering, soverom i øverste etasje og store vindusflater som risikofaktorer.

I Norge i dag er det sannsynlig at termisk inneklime i det store flertall av boliger først og fremst er et komfortspørsmål, med trekkfølelse, strålingsassymetri og lettere ubehag i spesielt kalde og varme perioder, selv om det trolig finnes eksempler på boliger med så høye eller lave temperaturer at det er helseskadelig. Svært lave energipriser i forhold til inntektsnivå gjør at energifattigdom - «eat or heat» – er betydelig mindre aktuell i Norge enn mange andre land.

En viktig del av passivhuskonseptet er ytterkonstruksjoner med lavt varmetap og lite luftlekkasje. Dette bidrar til å løse termiske problemer i form av trekk og kaldras, og reduserer koblingen mellom inne- og uteklime. Det reduserte oppvarmingsbehovet vil ytterligere redusere problemstillingen med energifattigdom. Forutsatt at komfort er et godt mål på helsebringende inneklime er det vanskelig å se at velisolert og lufttett bygningskropp innebærer noen risikomomenter av betydning. Riktignok gjør det reduserte varmetapet at sommertemperaturer under visse betingelser kan bli noe høyere enn med mindre isolasjon, men varmetapet gjennom bygningsskallet er uansett marginalt for å unngå overoppheting på de varmeste dagene i året. Dersom de interne varmelastene eller solinnstrålingen er høy nok til å skape overtemperatur selv ved lavere utetemperaturer vil forskjellen mellom velisolerte og mindre isolerte bygg være større, men det vil da uansett være nødvendig å sette inn tiltak for å redusere problemet.

Et redusert varmebehov vil redusere inneklimeproblemer knyttet til varmekilder, slik som støvbrenning – forutsatt samme oppvarmingsteknologi, og man vil også ha større frihet i plasseringen av varmekilder.

Bevisst vindusplassering for å utnytte passiv solvarme tilsier at sørvendte vinduer framfor øst- og vestvendte. Dette gir noe mindre innstråling sommerstid, og tilsvarende mindre utfordringer med overtemperatur.

7.2 Tetthet og luftlekkasjer

Utettheter i bygningskroppen bidrar til ventilasjonen i hus, slik at økte muligheter for tetting av bygningskropp (betong, ulike bygningsplater, papp, plastfolier, fugemasser, vinduer med pakninger, m.m.) isolert sett har redusert ventileringsgraden. Der hvor det ikke har blitt kompensert for dette med økt tilsiktet ventilasjon, fjernes fukt og forurensninger lite effektivt fra innelufta.

Ventilasjon gjennom utettheter i bygningskroppen er sterkt avhengig av værforhold, og varierer dermed mye gjennom året. Antall, størrelse og plassering av utetthetene, bygningens størrelse og bygningens plassering har også stor betydning. Disse forholdene medfører at ventilasjonsraten som følge av infiltrasjon er svært variabel, som regel ukjent, og i varme, stille perioder neglisjerbar. På grunn av at utilsiktet ventilasjon ofte oppleves som trekk, er mest effektiv når trekken kjennes best (kalde dager med vind) og gjerne opptrer sammen med kaldras fra dårlig isolerte vinduer, er det nok en tendens blant mange boligeiere til å overvurdere effekten av utilsiktet ventilasjon på luftkvaliteten. Dersom man legger de alminnelig anerkjente anbefalingene til ventilasjonsluftmengder til grunn, må en bolig være svært lite lufttett for å få forsvarlige luftmengder gjennom luftlekkasjer alene, annet enn ved svært kraftig vind. Etter at platematerialene og bygningspappen kom i bruk tidlig på 1900-tallet er det bare enkelte bolighus som er så utette, og da neppe tilsiktet.

En feltundersøkelse av nye boliger som ble foretatt før innføringen av krav til lufttetthet i 1980 viste at det var store forskjeller mellom blokkleiligheter og eneboliger, og store forskjeller innen hver gruppe, men det var allerede da mange boliger der ventilasjon gjennom luftlekkasjer bare ville få små luftmengder. Også enkeltmålinger viser at også bygg som er eldre enn dette kan være svært lufttette, særlig etter skifte av vinduer og tetting av lekkasjer for å unngå trekk eller redusere oppvarmingskostnader.

Luftlekkasjer er i regelen ikke planlagt, og kvaliteten på luft som tilføres via lekkasjer avhenger av hvor lekkasjene er plassert. Fra SINTEFs egne erfaringer kjenner vi til forurensning på grunn av luftlekkasjer i form av radon fra grunnen, muggsporer og lukt fra fuktskader i konstruksjonen eller tilstøtende bygningsdeler, PAH fra kreosotimpregnerte materialer, eksos fra det fri eller parkeringskjeller og sigarettøyk fra nabo.

Det strenge lufttetthetskravet til passivhus gjør at luftlekkasjer bidrar minimalt til ventilasjonen i slike bygg. Passivhus er dermed helt avhengig av tilsiktet ventilasjon – i likhet med de aller fleste eksisterende hus. På grunn av kravet til varmegjenvinning, er mekanisk balansert ventilasjon med varmeveksling med vinduslufting som supplement og reserveløsning mest aktuelt, se kapittelet om ventilasjon og varme. Mindre luftlekkasjer gir også færre muligheter for at det trekkes inn luft fra steder forurenset av radon, fuktskader, og annet som beskrevet over.

I kombinasjon med kraftige kjøkkenavtrekk kan det oppstå store undertrykk i hus, dersom avtrekket ikke kompenseres med tilluft. Da kan luft trekkes inn gjennom avtrekkskanaler, ildsteder, fra nableiligheter eller gjennom utettheter mot grunnen og gi dårlig luftkvalitet. Problemene blir større jo tettere bygningskroppen er.

7.3 Fukt

Fukt er den vanligste årsaken til byggskader. De viktigste kilder til fukt er inntrengning utenfra (nedbør eller fra terreng/grunn), bruksvann og lekkasjer fra vannledninger, fuktig inneluft og byggfukt. Fukt er skadeårsak i om lag 76 % av alle prosessforårsakede byggskader i SINTEF Byggforsks skadearkiv og fukt innenfra er årsak til om lag 20 % av disse (SINTEF Byggforsk 2010). Selv om det er bred enighet om at fuktskader er en viktig risikofaktor i innemiljø, er det en betydelig usikkerhet om hvor stor risiko ulike typer og plasseringer av fuktskader utgjør.

Passivhus har velisolert bygnings skall, og faren for innvendig kondensdannelse er dermed betydelig redusert. Strenge krav til lufttetthet reduserer risiko for kondensskader inne i konstruksjonene. Det hevdes fra enkelte hold at de strenge kravene til lufttetthet gjør risikoen for fuktskader større dersom det oppstår skader på dampsperre, men dette er ikke begrunnet i bygningsfysikk. Spesielt dersom det bygges med fokus på lufttetthet både i vindsperre- og dampsperre er risikoen for konveksjon og kondensskader mindre i lufttette konstruksjoner selv med skade i et av sjiktene.

Ved økende isolasjonsmengder øker temperaturfallet over ytterkonstruksjonen, slik at mindre varme blir tilgjengelig til å drive fukt utover i konstruksjonen. Dette gjør at opptørking etter oppfukting skjer langsommere (Geving og Holme, 2010). Videre er det plass til mer vann i en tykk ytterkonstruksjon enn en slankere. Foreløpige erfaringer tyder ikke på at dette er spesielt problematisk ved

Innemiljøproblemer som avhjelpes med energirehabiliteringstiltak:

- Midd på grunn av høy fuktighet / lite ventilasjon
- Muggvekst på grunn av dårlig isolasjon og lite ventilasjon
- Trekk og kaldras fra dårlig isolerte og utette vinduer
- Kalde gulv
- Kulde inne om vinteren
- Manglende ventilasjon

fuktsikker bygging og i normal drift. Vannskader forekommer ofte – omtrent 50 000⁸ forsikringsmessige og et ukjent, men stort antall uten forsikringsdekning hvert år – og de fleste bygg vil være utsatt for flere vannskader i løpet av sin levetid. Konsekvensene av oppfukting (byggfukt, rørbrudd, lekkasje utenfra) i høyisolerte ytterkonstruksjoner kan bli større da det blir plass til mer vann (større volum i vegger, bl.a.) som blir vanskeligere å avdekke og tørke ut, forutsatt samme material- og konstruksjonstyper som i dag. Enkelte aktuelle nye typer yttervegger anbefales i dag ikke, blant annet på grunn av utfordringer med oppfukting i byggetiden (Kirkhus, 2012).

Oppgradering av eksisterende bygg til lavenergi-, passivhus eller nullenergihus gir ytterligere utfordringer – og muligheter, se egen ramme – med mulige innklimakonsekvenser.

Bygningsmessige utfordringer med mulige innklimakonsekvenser er typisk knyttet til fukt og uttørking. En del vanlige konstruksjoner i eksisterende bygg har en kritisk fuktbalanse, og får økt skaderisiko ved etterisolering. Enkelte typer pussede teglfasader er utsatt for frostskafer med etterfølgende vanninntrengning, eventuelt også kondens i konstruksjonen, etter innvendig etterisolering. Konsekvensen blir gjerne omfattende soppvekst i konstruksjonen, særlig hvis det er trebjelkelag. Også andre uluftede fasader med lite dampåpne materialer og konstruksjoner under bakkenivå er problematiske ved innvendig etterisolering, med høy risiko for fuktskader og muggvekst. Det samme gjelder krypekjellerkonstruksjoner og enkelte tak/loftskonstruksjoner.

Det er viktig at risikokonstruksjoner identifiseres og at fuktteknisk trygge løsninger velges. Det er behov for videre utvikling av løsninger og kriterier for når de egner seg. Det er blant annet også behov for mer kunnskap i om hvordan lufttettheten av en bygning utvikler seg over tid ved ulike løsninger.

Inngrep i eksisterende bygg vil også inkludere utskifting av materialer som allerede har en fuktskade. Dette er i seg selv positivt, men selve inngrepet kan gi akutt kraftig eksponering for bl.a. muggsporer. Det er behov for å utvikle metoder for kartlegging og kriterier for trygg utbedring.

7.4 Støy

Støy utenfra er en plage for mange, og for en del også et betydelig helseproblem. Konstruksjoner som er lufttette og godt isolert mot varmetap vil som regel også isolere godt mot støy. I kombinasjon med trelagsvinduer vil de velisolerte og lufttette ytterkonstruksjonene i passivhus gi mindre fly- og trafikkstøy eller annen støy utenfra. Denne støyreduksjonen er normalt ønskelig, men kan føre til at støy fra innendørs kilder (tekniske anlegg, naboer) blir mer merkbare.

7.5 Dagslys og utsyn

Dagslys er nødvendig for å styre døgnrytmen, «den biologiske klokken» og holde oss våkne og opplagte. I praksis kan det ikke erstattes av kunstig belysning. Utsyn er nødvendig for å «orientere oss i verden» noe som er svært viktig for mange. I tillegg til uvelbefinnende kan mangel på dagslys medføre økt risiko for fedme, diabetes og annen sykkelighet (Au-Yong, et al., 2009).

Det kan være vanskelig å oppnå lavt varmetap og unngå (for) stort varmetilskudd fra sola med store glassflater. Begrensninger i vindusareal kan redusere dagslystilgang og utsyn, og særlig ved stor utnyttelsesgrad i bystrøk kan skygging og innsyn fra nabobygg, balkonger og utspring gi dårlige lys- og utsynsforhold. Høyisolerende passivhusvinduer utføres gjerne som trelagsvinduer, og i kombinasjon med tykke yttervegger gir dette noe mindre lysinnslipp og utsyn enn for et tilsvarende TEK 10-hus med identisk vindusstørrelse.

⁸ Statistikk (VASKA) fra Forsikringsnæringens fellesorganisasjon oppgir 48 983 vannskader i 2011.

Vinduer i passivhus isolerer svært godt og er dermed utsatt for lengre perioder med utvendig kondens enn dårligere isolerende vinduer. I disse periodene er spesielt utsyn redusert. Bruk av utvendig solskjerm på nattetid reduserer utstrålingen som gir de lave utvendige temperaturene på glasset og reduserer eller avhjelper problemet.

7.6 Materialvalg og andre forhold

Avgassing fra materialer og overflatebehandlinger kan være en betydelig forurensningskilde, men vi kjenner ikke til nyere studier som beskriver forholdet mellom forurensing fra materialer og andre innendørs kilder i detalj. Drevet av miljøkrav er innholdet av mange flyktige organiske forbindelser (VOC) i byggematerialer, og spesielt overflatebehandlinger, redusert. Økende forbruk og endrede vaner kan ha bidratt til at andre kilder til VOC i inneklimate er vel så viktig. Det er også tenkelig at andre forbindelser enn de vanligste VOCene er av større helsemessig relevans. Det er dermed behov for mer kunnskap om eksponering og forurensningskilder for å kunne gå videre med tiltak.

"Innendørskjemi", dvs. dannelse av nye forbindelser på grunn av kjemiske reaksjoner i innelufta er et relativt nytt forskningsområde. De mest undersøkte slike reaksjoner inkluderer ozon og organiske forbindelser, eventuelt i kombinasjon med nitrogenoksider. Det har vært hevdet at slike kjemiske reaksjoner som skjer med stoffer i eller adsorbert til byggematerialer kan ha en undervurdert betydning for inneklimate. Begrunnelsen for dette er at en del reaksjoner som skjer for langsomt til å være av betydning i luft også kan skje når kjemikalierne er bundet til overflater (Weschler, 2011). Dersom det er riktig at det kan oppstå skadelig eksponering på grunn av slike mekanismer, er det grunn til å undersøke disse nærmere, fordi mekanisk ventilasjon (effektivt luftskifte) og perioder med høy utvendig forurensning kan øke betydningen av prosessene.

Materialer med stor termisk masse brukt på riktig måte kan bidra til et bedre termisk inneklimate, spesielt ved å redusere dagtemperatur sommerstid. Bruk av slike materialer er derfor et aktuelt virkemiddel for å unngå eller redusere kjølebehov, både i passivhus og andre hus. Betong og massivt tre er eksempler på slike materialer. Brukt ubehandlet vil disse også ha en buffereffekt på vanddamp og andre gasser i innelufta, ved at disse adsorberes og desorberes i materialet avhengig av konsentrasjonsforskjeller. Dette kan være gunstig ved at svingningene i luftfuktighet dempes, og man får kortere perioder med svært høy eller svært lav luftfuktighet. Tilsvarende effekter kan oppstå for andre gasser; konsentrasjonen i lufta etter en forurensningsepisode vil reduseres, til gjengjeld vil det ta lengre tid – til dels mye lengre tid – å bli kvitt lukt og annen forurensning. Hvilken eventuell helseeffekt dette kan ha er det vanskelig å si noe generelt om. Det er viktig å være klar over at slike buffereffekter kan forekomme, og til dels være betydelige, når effekten av ulike forurensningskilder og eventuelle kjemiske reaksjoner mellom ulike komponenter skal vurderes.

For å utjevne døgnvariasjoner i temperatur ytterligere, kan det være aktuelt å bruke faseovergangsmaterialer (PCM). Dette er materialer som tar opp og avgir relativt mye energi til omgivelsene over et smalt temperaturspekter ved å utnytte faseoverganger mellom væske og fast stoff. Selve materialet er emballert og ikke direkte i kontakt med innelufta, men krever – som andre materialer – en vurdering av eventuell påvirkning på inneluft.

Materialvalg i passivhus

Utbyggers lønnsomhet reduseres når det utnyttbare arealet for en bolig eller et tomteareal synker, for eksempel på grunn av plasskrevende isolasjon. Dette, sammen med behovet for effektive etterisoleringsløsninger i eksisterende bygg, vil trolig drive utviklingen i retning av mer effektive isolasjonsmaterialer. Materialer som vakuumisolasjonspaneler, isolasjonsskum (polyuretan, polyfenol) eller aerogel har andre bygningsfysiske og kjemiske egenskaper enn mineralull som er mest i bruk i dag. Hvordan inneklimate eventuelt påvirkes av dette avhenger av materialenes sammensetning, bruk og aldringsegenskaper. Aktuelle eksempler er at plastisolasjon kan være tilsatt flammehemmere som er miljøgifter, mens vakuumisolasjonspaneler får kraftig redusert isolasjonsevne dersom de punkteres. På samme måte som andre materialer som tas i bruk, er det behov for å ha god innsikt i hvordan inneklimate

påvirkes av slike materialer – også når det tas hensyn til eventuelle endringer og belastninger materialet utsettes for i brukstiden.

8 Ventilasjon og varme

Den dominerende ventilasjonsløsningen for nye boliger er balansert ventilasjon med varmegjenvinning, ofte med en roterende gjenvinner. Dette gjelder både passivhus og hus bygget i henhold til TEK senere enn 2007-revisjonen. Generelt gir mekanisk ventilasjon større ventilasjonsmengder, og særlig større minimumsmengder enn ventilasjon som baserer seg på sterkt variable naturlige drivkrefter.

Ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning i eneboliger ble undersøkt i 2002 (Schild, 2002). Disse hadde da en markedsandel på ca. 50 % av nye eneboliger, men det var vanligere med plategjennvinnere enn roterende gjennvinnere. Det ble da konkludert med at balansert ventilasjon ga sikrere luftskifte og bedre inn klima enn avtrekkssystemer. Påpekte utfordringer var støy fra ventilasjonsanleggene, utfordringer med vedlikehold og rengjøring, og noen tilfeller av gjenfrysing vinterstid. En erfaringsinnhenting fra boligblokker samme år (Thunshelle, 2002) påpekte at vanlige utfordringer med ventilasjon av boligblokker omfattet:

- For høy tilluftstemperatur sommerstid
- Matlukt fra naboer
- Støy fra ventilasjon
- Lydoverføring mellom leiligheter
- Dårlig osoppfangning i kjøkkenavtrekk

De forskjellige erfaringene fra leiligheter og eneboliger gjenspeiler at det er betydelig mer krevende å utforme gode anlegg for leiligheter, særlig i blokkbebyggelse. Disse er oftere plassert i områder med en del støy og forurenset uteluft, i tillegg kan det være utfordrende å unngå uønsket oppvarming av tilluft ved lange føringsveier internt i bygget. Det kan dermed være svært krevende å plassere luftinntak optimalt både med tanke på luftkvalitet, soloppvarming og føringsveier.

Problemstillinger som er ufullstendig kjent er hvordan ulike ventilasjonsløsninger påvirker forurensning fra innvendige og utvendige kilder – utover å tynne ut forurenset luft. Det er påpekt at ventilasjonsanlegg kan være en forurensningskilde ved uheldig utforming (Bluyssen, Cox et al. 2003), blant annet på grunn av kjemiske eller biologiske prosesser i filter, eventuelt anlegg for øvrig. Det er foreslått løsninger som unngår denne typen problemer, men de er i liten grad brukt i boligventilasjon.

Ventilasjon og oppvarming i passivhus

Ventilasjon i passivhus skjer i hovedtrekk med samme prinsipper for balanserte ventilasjonsanlegg som har vært i relativ vanlig bruk i eneboliger de siste 20 år. Det strenge kravet til varmegjenvinning gjør det mere aktuelt med regenerative varmegjennvinnere (roterende varmevekslere og kammervekslere) og varmepumper. Disse typene har vært i bruk lenge, men har vært mye mindre vanlige enn rekuperative gjennvinnere (plate- og motstrømsvekslere i boligmarkedet). Roterende varmevekslere kan gi luktoverføring (og fuktoverføring) fra avtrekkslufta, noe som kan være problematisk ved felles ventilasjonsanlegg fra flere brukere. Ved svært høy gjenvinningsgrad øker faren for frysing i varmevekslere, og det er viktig at produkter er utformet slik at ikke dette fører til stopp i ventilasjonen. Kompakte anlegg som inkluderer en avtrekksvarmepumpe er en utbredt løsning i passivhus i eksempelvis Danmark, Tyskland og Østerrike. Slike anlegg kan gjenvinne overskuddsvarme fra avtrekket til å produsere varmt vann.

For å unngå frysing og tilføre "gratis" forvarming/kjøling av tillufta, er det bygget mange passivhus i Mellom-Europa med lufttilførsel i nedgravd kanal/kulvert eller med en jordvarmeveksler på inntakslufta. Disse teknologiene er det liten erfaring med i Norge. Det er viktig å sørge for at tillufta ikke forurennes av radon eller andre forurensninger, og at det ikke oppstår mikrobiologisk vekst på grunn av kondensering sommerstid.

Oppvarmingssystemer i passivhus bygges gjerne enklere enn det som tradisjonelt har vært tilfelle på grunn av det mye lavere oppvarmingsbehovet. Oppvarming gjennom ventilasjonssystemet har vært vanlig i tyske passivhus, men har vært møtt med betydelig skepsis i Norge, og er foreløpig lite brukt. Oppvarming kun gjennom ventilasjonssystemet vil sannsynligvis uansett være utilstrekkelig til å dekke varmebehovet på kalde dager.

8.1 Ventilasjonsløsninger og fukt

Ventilasjonsmengder og ventilasjonsprinsipper påvirker fuktnivået i rommene og konstruksjonen. En kontinuerlig utskifting av luften med avtrekk fra rom med stor fuktproduksjon reduserer fuktbelastningen på konstruksjonen og innvendige materialer. Dette kan i noen bygninger oppnås med naturlige drivkrefter, men erfaringer fra blant annet SINTEF Byggforsk tyder på at skader på grunn av innvendig fuktproduksjon er hyppigere i naturlig ventilerte bygninger enn i mekanisk ventilerte. Mekanisk avtrekksventilasjon kan sikre tilstrekkelig luftskiftning, men mange tilfeller av utilstrekkelig ventilasjon er kjent også med denne typen. Vanlige årsaker er at tilluftsåpninger tettes på grunn av manglende forståelse for behovet, eller for å redusere trekkplager.

Også trykkforholdene i bygninger påvirkes av ventilasjonsløsningen. Mekanisk avtrekksventilasjon bidrar normalt til at det vil være innvendig undertrykk i hele eller størstedelen av bygningen under de fleste værforhold, og vil bidra til at det blir mindre eksfiltrasjon enn i tilsvarende bygninger med naturlig eller balansert ventilasjon. Naturlig ventilasjon og balansert ventilasjon vil normalt ha innvendig overtrykk mot tak/loft, og skader på grunn av at varm fuktig luft trenger opp i tak eller loft og forårsaker kondens er derfor relativt vanlig i slike bygninger. Problemet er som regel størst i naturlig ventilerte bygg på grunn av at disse som regel har mindre luftskifte, og dermed høyere luftfuktighet.

Manglende vedlikehold av anlegg for balansert ventilasjon (tette filtre, nedsmussede anlegg, redusert vifteeffekt eller "tukling" med ventiler) kan føre til endrede trykkforhold og gi risiko for eksfiltrasjon, som igjen kan gi fuktskade.

9 Innredning, utstyr, aktiviteter og overflatebehandlinger

Teknologisk utvikling og endrede brukerkrav sammen med en sterk velstandsutvikling har ført til at gjennomsnittsboligen stadig blir tilført nye kilder til forurensning av innelufta. Samtidig har strengere krav til materialers miljøegenskaper ført til at en del forurensninger blir mindre aktuelle. For eksempel har regulering av flyktige forbindelser ført til en overgang fra malinger tynnet med white-spirit til vanntynnede produkter. Dette har redusert avgassingene av hydrokarboner fra maling dramatisk. Samtidig har avgassingene av en del andre innholdsstoffer i malingene økt, for eksempel konserveringsmidler. Totalt har dette gitt en stor reduksjon av VOCer men trolig en betydelig økning av SVOCer. Salget av møbler og forbrukerelektronikk har også hatt en kraftig økning. Forbrukerelektronikk som PCer og printere er vist å være kilder til blant annet ftalater, polyaromatiske hydrokarboner, ozon, med mere. (Destallats, Maddalena et al. 2008)

Ventilasjon vil bidra til å fjerne mange av forurensningene, men en del av de "nye" forurensningene har en mer komplisert oppførsel enn lettflyktige gasser. Tungflyktige organiske forbindelser (SVOC) har lavt metningstrykk, noe som gjør at de har en tendens til å kondensere på partikkel- og materialoverflater selv om konsentrasjonen fritt i luften er lav. Eksponering kan skje ved innånding (i gass- eller partikkelform), men også gjennom huden, enten på grunn av direkte eksponering eller indirekte ved kontakt med ulike flater (byggningsflater, møbler, sengetøy). Hvordan eksponeringen for disse stoffene henger sammen med byggematerialer, partikler, luftfuktighet og ventilasjonssystem, og hvilke av dem – om noen – som har helse relevans er lite kjent. Undersøkelser fra DBH-prosjektet (Choi, Schmidbauer et al. 2010) tyder på at polyglykoletere kan være forbundet med økt risiko for astma og allergi, men tolkning er usikker (Folkehelse 2012).

10 Beboeradferd og -forventninger

Beboernes adferd har svært stor betydning for bygningen, installasjonene, energibruken og inneklimate. I prinsippet bør bygninger utformes universelt: det vil si passe best mulig for flest mulig⁹. For bransjen som skal bygge boliger uten at de vet hvem som kommer til å bebo dem, er det likevel et behov for å definere "dimensjonerende beboere", slik at boligen vil fungere tilfredsstillende innenfor grensene for hvilken brukeradferd som kan forventes. Et banalt eksempel er at et soverom som er stort nok til at det er naturlig å sette inn en dobbeltseng bør ha nok friskluft til to personer, mens det kanskje ikke er rimelig å ta ventilasjonsmessig høyde for tre køyesenger i et lite barnerom. Det er angitt 7 prinsipper for universell utforming (Center for Universal Design 1997):

1. Like muligheter for bruk
2. Fleksibel bruk
3. Enkel og intuitiv i bruk
4. Forståelig informasjon
5. Toleranse for feil
6. Lav fysisk anstrengelse
7. Størrelse og plass for tilgang og bruk

Av det første av disse prinsippene kan utledes at boliger også bør kunne brukes og bebos av mennesker med redusert toleranse for ulike påvirkninger, ofte omtalt som miljøhemmede. Dette må legges til grunn ved vurdering av de enkelte påvirkninger, jf. kap. 2–3.

I eksisterende bygningsmasse har vi en rekke eksempler på at avvik fra prinsippene fører til at boliger ikke driftes eller vedlikeholdes på en måte som gir godt inneklimate. Vanskelig tilgjengelige sluk kan føre til fuktskader, varmeanlegg med uforståelig grensesnitt eller vanskelig dokumentasjon kan gi uakseptable temperaturforhold og høyt energiforbruk, adkomst til ventilasjonsanlegg kan gjøre det praktisk umulig for beboer å skifte filter eller innredning kan være tilnærmet umulig å holde ren.

10.1 Universell utforming og beboeradferd i passivhus

Bygningsmessige tiltak som økt lufttetthet, økt isolasjonsmengde og bedre isolerende vinduer og dører vil i seg selv ha liten innvirkning på beboernes adferd, og normalt også påvirkes lite av vanlig bruk. Ved ombygginger og andre inngrep i konstruksjonen er det derimot begrenset toleranse for feil. Dette gjelder både ved inngrep i nye passivhus, og i enda større grad ved energitiltak av typen etterisolering og tetting i eksisterende bygg. Det er av interesse å undersøke hvor sterkt "gjør det selv-tradisjonen" står i dagens samfunn, i hvor stor grad beboere har en realistisk oppfatning av kompleksiteten i bygningsvedlikehold, og i hvor stor grad forskrifter og anbefalinger påvirker måten tiltakene gjøres på.

Vinduer må kunne åpnes, og trelags (tyngre) vinduer som sitter i veggen kan være vanskeligere å operere. Imidlertid stilles krav til betjeningskraft i produktstandarden, og vinduer i passivhus vil ofte trekkes noe innover i veggen av hensyn til kuldebro, og dermed ikke være spesielt vanskelig tilgjengelige.

⁹ FN-konvensjonen om rettighetene til mennesker med nedsatt funksjonsevne definerer universell utforming slik: "Med universell utforming menes: utforming av produkter, omgivelser, programmer og tjenester på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker, i så stor utstrekning som mulig, uten behov for tilpassing og en spesiell utforming. Universell utforming skal ikke utelukke hjelpemidler for bestemte grupper av mennesker med nedsatt funksjonsevne når det er behov for det".

Krav til tilgjengelighet / universell utforming gir noen tekniske utfordringer, blant annet ved adkomst til bad, terrasser og utearealer, som igjen kan føre til fuktskader dersom de ikke løses på en god måte. Enkelte av disse kan kanskje være noe mer komplisert eller få noe større skadeomfang ved tykkere isolasjonssjikt, men det er rimelig å se på disse utfordringene som en del av arbeidet med gode detaljløsninger for tilgjengelighet i boliger, og de diskuteres ikke videre her.

Tekniske anlegg som krever betjening og vedlikehold må utformes i henhold til prinsippene for universell utforming. Ventilasjonsanlegg krever typisk noe vedlikehold og betjening for å fungere riktig, og enkelte erfaringer tyder på at forståelsen for dette kan være mangelfull. Det er behov for å undersøke nærmere hvordan anlegg skal utformes for å kunne brukes riktig av flest mulig. Det bør også ses på løsninger for drifts- og vedlikeholdstjenester for slike anlegg i boliger.

Varmeanlegg vil generelt være mindre omfattende i passivhus, og kreve mindre å drifte eller vedlikeholde.

Når boliger blir lettere å varme opp, vil en del beboere øke innetemperaturen. Guerra Santin, (2012) fant slike "rebound-effekter" når beboere flytter inn i energieffektive hus i Nederland. Økt innetemperatur er også funnet som en langsiktig trend som er satt i sammenheng med økt utbredelse av sentral oppvarming og ventilasjon (Mavrogianni & al. 2013.) Slike effekter kan ha sammenheng med både tekniske og økonomiske muligheter så vel som endrede preferanser, klesvaner m.m., og det er derfor ikke åpenbart at erfaringer fra andre land er overførbare. Temperaturpreferanser og adferdsendringer bør studeres nærmere.

Økt innetemperatur kan gi økt komfort, men ved høye innetemperaturer vil luftkvaliteten oppleves dårligere og uttørring av slimhinner øke. Det er derfor av interesse å undersøke hvor sterk denne tendensen til økte temperaturer i lavenergihus er, og hvilke forhold som påvirker den. Fravær av trekk og kalde flater vil gjøre at varmekomforten er god selv med lavere lufttemperatur, slik at en kan tenke seg at passivhuskonseptet vil gi en mindre økning i ønsket lufttemperatur enn for eksempel billigere / mer effektiv oppvarming, som kan føre til at økt lufttemperatur brukes for å kompensere for trekk og termisk assymetri.

11 Risikoanalyse

Risikoanalyse er en systematisk fremgangsmåte for å beskrive eller beregne risiko. Det er i det etterfølgende utført en enkel risikoanalyse av innføring av passivhus med hensyn til inneklimatekniske konsekvenser. De samme utfordringene som i rapporten for øvrig gjelder også her: hus kan oppføres på en rekke måter, også passivhus, og eksisterende byggemåter og regelverk er ikke eksplisitt risikovurdert tidlige. Dersom det legges til grunn at klimamål skal oppfylles, er det ikke opplagt at "business as usual" er et reelt alternativ. Ideelt sett burde et utvalg realistiske alternativer vært drøftet. En gjennomgang av vanlig kritikk mot innføring av passivhus gir imidlertid ikke noe entydig bilde av hvilke alternativer kritikerne stiller opp. Til dels trekkes det også fram "alternativer" som er fullt forenlige med passivhus, slik som miljø- og klimavennlige materialvalg, bruk av termisk masse og fuktabsorberende materialer, tilrettelegging for vinduslufting, arealeffektivitet og utnyttelse av dagslys.

Følgelig må det være klart at:








- Risikoanalysen kan ikke erstatte konkret risikovurdering knyttet til det enkelte byggeprosjekt, -produkt, eller teknologi.
- Analysen må bygge på "vanlige bolighus" som sammenligningsgrunnlag, og kun et fåtall alternative teknologier kan inkluderes. Mer konkret har vi utført risikokarakterisering av nye passivhus med "vanlige" TEK 10-hus som sammenligning, og antydningssvis også angitt forskjell mot "eksisterende bygg".
- Vi har kommentert særskilte risikoforhold ved rehabilitering med passivhuselementer, der bygningen før rehabilitering er sammenligningsgrunnlag. Det er primært hus som er bygget før TEK 97 som det er aktuelt å vurdere rehabiliteringseffektene av. Mange av de kommenterte forholdene gjelder bare enkelte bygningstyper.

- Usikkerheten om forholdene i "vanlige hus" er et vesentlig risikomoment i seg selv, spesielt ved rehabilitering.
- Hvis man forutsetter at "passivhusnivå" kan innebære mindre strenge krav til varmetap / oppvarmingsbehov enn passivhusstandarden, fremstår flere alternativer til balansert ventilasjon med varmegjenvinning (mekanisk avtrekksventilasjon med avtrekksvarmepumpe, ventilasjon basert på naturlige drivkrefter) og man kan også velge mindre isolert og mer utett bygningskropp. Dette tilsvarer på mange måter forholdene i eksisterende bygninger, slik at risikovurderingen av disse tiltakene har mye til felles med risikovurderingen av eksisterende bygninger sammenlignet med passivhus.
- Graden av frihet forskriftene gir til å velge løsninger og dokumentasjonsmetoder er i seg selv et viktig tema for risikovurdering, men faller utenom avgrensningen for denne rapporten. En slik vurdering bør ha et videre perspektiv enn inneklimate, og inkludere vurderinger av hvordan bl.a. innovasjon, produktivitet, skaderisiko og kompetanse påvirkes av ulike strategier for utforming av byggeregler og andre tiltak for å stimulere til gode bygg. Etter vårt syn vil det være behov for betydelig erfaringsinnhenting og forskningsinnsats for å gjennomføre en velbegrunnet vurdering av disse forholdene.

Alternative (eller supplerende) teknologier kan bidra til å oppfylle klimamål med mindre strenge krav til oppvarmingsbehov dersom varmebehovet kan dekkes med en eller annen miljøvennlig energikilde, slik som biobrensel, solfangere, varmepumper, fjernvarme, eller lignende. Vi har ikke gått inn på noen inneklimatemessig risikovurdering av disse energikildene, selv om de åpenbart også kan ha risikoforhold knyttet til seg (støy fra varmepumper, lekkasjer fra solfangere og brinekrets til jordvarmepumpe, utslipp til luft fra nær- eller fjernvarmeanlegg, m.m.).
















Vi har oppsummert risikoforhold og FoU-behov i en enkel tabell for hvert av passivhustiltakene. Tiltakene har gjerne noen positive og noen negative effekter. Disse er listet opp i rader med ulik farge. Hvordan de ulike effektene vurderes å slå ut mellom passivhus og henholdsvis TEK10-hus og andre, eksisterende boliger er angitt med symboler. Noen steder er det brukt flere symboler. Dette reflekterer at alle de tre kategoriene boliger kan utføres på litt ulik måte, og da vil sammenligningen kunne slå ut på flere måter.

Tabell 4. Forklaring på symbolbruk i tabellene. "Passivhus" skal her leses som "det passivhustiltaket som tabellen omtaler", og symbolene angir graden av forskjell for hver av de undersøkte effektene. Noen effekter er åpenbart viktigere enn andre, men det reflekteres ikke i symbolbruken.

						
Passivhus er mye dårligere	Passivhus er dårligere	Passivhus noe dårligere, liten forskjell	Ingen forskjell	Passivhus noe bedre, liten forskjell	Passivhus bedre	Passivhus mye bedre

11.1 Begrenset vindusareal / vinduer mot sør og nord

Krav til varmetap er generelt lettere å oppfylle med små vindusflater og en kompakt bygningskropp. Plassering av vinduer mot sør og nord gjør at man får mindre problem med overtemperatur og noe mer utnyttelse av passiv soloppvarming vinterstid. Det vil være små forskjeller mellom passivhus og de fleste andre boliger, men enkelte eksisterende boliger har svært store glassflater, og da kan forskjellene være betydelige. Forskjeller i omgivelsene (skjerming fra samme eller andre bygg) og bygningens tilpasning til lysforholdene på stedet vil bety mye.

Effekt	Vurdering	Mot TEK 10	Mot eksisterende	FoU-behov
Positiv effekt				
Mindre soloppvarming sommer	Reduserer risiko for overtemperatur, andre faktorer viktigere (solskjerming)	 	 	
Mindre kuldestråling	Vinduskvaliteten viktigere		 	
Negativ effekt/risiko				
Mindre dagslystilgang	Viktig faktor, men andre forhold mye viktigere enn små arealforskjeller. Enkelte eldre bygg kan ha svært store eller små glassflater. Det er noe omdiskutert om reglene i TEK sikrer tilfredsstillende dagslys (og om enkelte bygg har mer glassflater enn ønskelig).	 	 	Hva er tilstrekkelig dagslys, og hvordan kan dette dokumenteres
Dårligere utsyn	Viktig for velbefinnende, men andre forhold mye viktigere enn små arealforskjeller	 	 	
Spesielle forhold ved rehabilitering				
Ingen	Lite aktuelt å endre størrelse og orientering			
Uavklarte forhold / FoU-behov				
Påvirkning på innendørskjemi og biologi	Sollys kan påvirke kjemiske prosesser og biologi innendørs.	Liten forskjell	Relativt liten forskjell	Grunnleggende forskning

11.2 Høyisolerende vinduer

Under ellers like forhold vil et trelags vindu slippe gjennom mindre lys (ca. 12–15 %) enn et tolags. Forskjellen i isolasjonsevne mellom passivhusvinduer og vinduer som har vært vanlig brukt tidligere er imidlertid mye større, og tillater større glassflater med mindre varmetap.

Effekt	Vurdering	Mot TEK 10	Mot eksisterende	FoU-behov
Positiv effekt				
Mindre kaldras	Mindre trekkfølelse	😊	😊😊	
Mindre soloppvarming	Reduserer risiko for overtemperatur	😊	😊😊	
Mindre kuldestråling	Reduserer risiko for termisk ubalanse	😊	😊😊	
Negativ effekt/risiko				
Mindre dagslystilgang		😞	😞	
Mer bruk av kunstig lys		😞	😞	
Utvendig kondens	Periodevis dårligere utsyn – effekt på velbefinnende.	😞😞	😞	Produktutvikling
Tyngre vinduer i dype karmen	Kan være vanskeligere å håndtere, men det stilles krav til egenskapen.	😞	😞😊	Produktutvikling
Spesielle forhold ved rehabilitering				
Tyngre vinduer	Verneverdige rammer kan være vanskelig å tilpasse til nye glass og beholde manøvrerbarhet. Effekt på vinduslufting.		😞	Produktutvikling
Erstatter skadde / trege vinduer	Nye vinduer kan gi bedre manøvrerbarhet, lettere vinduslufting ved dårlig utgangspunkt		😊	
Uavklarte forhold / FoU-behov				
Mindre luftbevegelser	Luftbevegelser på grunn av kaldras/kaldrassikring kan påvirke ventilasjonseffektiviteten, men også bidra til oppvirvling av støv.			Påvirkning på luftkvalitet bør undersøkes.

11.3 Økt isolasjonstykkelse

Effekt	Vurdering	Mot TEK 10	Mot eksisterende	FoU-behov
Positiv effekt				
Enklere temperaturkontroll	Mindre risiko for plagsom kulde og varme.	☹️☺️	☺️☺️	
Varmere innvendige flater	Mindre kondensrisiko	☹️☺️	☺️☺️!	
Mindre støy utenfra		☺️	☺️☺️	
Negativ effekt/risiko				
Langsommere uttørking av byggfukt	Noe større risiko, hovedsakelig på grunn av mer innebygget tre / mer plass til vann.	☹️☹️	☹️☺️	Tørr byggeprosess, Robuste produkter, dampåpne vindsperrer, smarte dampbremsere?
Langsommere uttørking etter skade / sesongbetinget oppfukning	Noe større risiko ved samme konstruksjonstyper og materialbruk	☹️☹️	☹️☹️	
Innvendig støy mer merkbar		☹️☹️	☹️☹️	Brukerevaluering av støyforhold under ulike betingelser
Spesielle forhold ved rehabilitering				
Kaldere utside konstruksjon ved innvendig isolering	Kan øke risiko for fuktskader i bygningskallet (eks. pussfasader, laftevegger)		☹️	Behov for produktutvikling, beregnings, og prosjekteringsverktøy tilpasset ulike typer eksisterende bygg.
Manglende innvendig lufttetthet	Kan gi fuktskader i bygningskallet, særlig tak / loft, ved etterisolering.		☹️	
Stor utvendig dampmotstand ved innvendig isolering	Kan gi fuktskader ved kondensering i isolert konstruksjon (f.eks. betongvegger)		☹️	
Varmere innside ved etterisolering	Mindre kondensrisiko, særlig ved utvendig isolering. Bedre tørkeforhold ved utvendig isolering under terreng.		☺️	
Uavklarte forhold / FoU-behov				
Økt innnetemperatur (vinter)?	Komfortønsker kan gjøre at temperaturen økes til et nivå der luftkvaliteten rammes			Undersøkelse av brukeradferd og preferanser

11.4 Økt lufttetthet

Effekt	Vurdering	Mot TEK 10	Mot eksisterende	FoU-behov
Positiv effekt				
Mindre eksfiltrasjon	Redusert kondensrisiko	😊	😊!	
Mindre infiltrasjon	Redusert trekkfølelse	😊	😊😊!	
	Mindre ukontrollert radon / annen forurensning (muggsopp, etc.) fra grunn eller bygningsskall	😊	😊😊!	
Mindre anblåsning (ved tett vindspærre)	Redusert risiko for termisk ubehag og kondens	😊	😊	
Mindre lyd utenfra		😊	😊	
Negativ effekt / risiko				
Mindre utilsiktet ventilasjon	Utilsiktet ventilasjon sikrer et visst luftskifte hvis mekanisk ventilasjon og vinduslufting svikter / ikke brukes	😞	😞	
Økt undertrykk ved mekanisk avtrekk (kjøkkenhette)	Forurensning utenfra / fra nabo på grunn av stort undertrykk	😞	😞	Produktutvikling (osopffanging, tilluftskompensering)
	Trekkfølelse	😞	😞	
	Problemer med vedfyring	😞	😞	
Spesielle forhold ved rehabilitering				
Lekkasje fra nabo	I flerbolighus kan tettere bygningsskall øke mulighetene for trykkforskjell mellom leiligheter ved bruk av avtrekk, da det normalt ikke tettes mellom leiligheter ved rehabilitering. Men se også ventilasjon.		😞	
Lekkasje fra grunnen	Tettere vegg / tak kan øke faren for å trekke radon opp fra grunnen dersom det ikke også kan tettes effektivt mot grunn, noe som ikke alltid er enkelt.		😊😞	Tettemetoder mot grunn. Tiltak mot undertrykk pga. kjøkkenhetter.
Uavklarte forhold / FoU-behov				
	Holdbarheten av ulike tetteløsninger og diffusjonsegenskapene til ulike tettesjikt ufullstendig kjent			Dokumentasjon av utvikling over tid

11.5 Svært lite kuldebroer

Effekt	Vurdering	Mot TEK 10	Mot eksisterende	FoU-behov
Positiv effekt				
Færre kalde flater innvendig	Redusert kondensrisiko	😊😊	😊😊	
Negativ effekt / risiko				
Vanskeligere vindusmontering	Vindusmontering innenfor vindspærre øker behovet for fuksikring under og på siden av vindu	😞	😞	Utvikling av sikre og varige løsninger
Spesielle forhold ved rehabilitering				
	Reduksjon av kuldebroer gjør det enda mer aktuelt med utvendig isolering som generelt bidrar til fuksikkerhet.		😊	
Uavklarte forhold / FoU-behov				
	Holdbarheten av ulike tetteløsninger og diffusjonsegenskapene til ulike tettesjikt ufullstendig kjent			Dokumentasjon av utvikling over tid

11.6 Balansert ventilasjon

Effekt	Vurdering	Mot TEK 10	Mot eksisterende	FoU-behov
Positiv effekt				
Sikrere luftskifte, større luftmengder	Fukt og forurensning kan fjernes uavhengig av værforhold	☹️	☹️ 😊!	
Trekkfri lufttilførsel	Mindre ubehag av trekk	☹️	☹️ 😊	
	Mindre risiko for tetting av ventiler / avstengning			
Filtrering av uteluft	Pollen, støvpartikler m.m. fjernes fra tilluft	☹️	☹️ 😊!	Hva er optimal filtrering? Spesielle hensyn til spesielle grupper?
Lite trykkforskjell mot naboer og omgivelser	Mindre innsug av radon og annen forurensning enn ved mekanisk avtrekk	☹️	☹️ 😊!	"Intelligente anlegg" som kompenserer for uheldige trykkforhold.
	Mindre risiko for lukt fra nabo			
Negativ effekt / risiko				
Støy fra aggregat og ventiler	Søvnvansker, andre ubehag. Gode løsninger finnes.	☹️	☹️ 😊	Prosesser som sikrer godt resultat
Sikrere luftskifte	Luftfuktighet inne kan bli svært lav	☹️	☹️	Effekter av lav RF. Resirkulering av fukt (produktutvikling)
Feilfunksjon	Kan svikte på grunn av slitasje, manglende vedlikehold	☹️	☹️ 😊	Produktutvikling, brukerforventninger
Forurensning i anlegget	Fukt og kjemiske prosesser i luftinntak, filter og anlegg.	☹️	☹️ ☹️	Kartlegging av effekter, kriterier for kvalitet
Uønsket temperaturstigning på tilluft	Overtemperatur kan oppstå på grunn av oppvarming i inntak, fra vifter, uønsket varmegjenvinning eller i tilluftskanaler	☹️	☹️ ☹️	Prosjekteringshjelpemidler?
Spesielle forhold ved rehabilitering				
Vanskelig inntaksplassering	Kan gi varm eller forurenset tilluft og fuktproblemer i inntak		☹️	Produktutvikling, prosjekteringsprosesser
Dårlig plass til kanaler	Kan gi dårlig distribusjon / ventilasjonseffektivitet		☹️	Produktutvikling
	Kan gi mer støy			
Aggregatplassering kan gi vanskelig vedlikehold	Økt risiko for manglende vedlikehold / funksjonssvikt		☹️	
Uavklarte forhold / FoU-behov				
Biologiske prosesser i fuktutsatte deler	Vekst av muggsopp og bakterier kan påvirke inneluftkvalitet.			Kartlegging av betingelser for vekst og forhold i anlegg. Hva skjer hvis anlegget stanser (svikt eller avstengning)?
Fysiske / kjemiske prosesser	Reaksjoner mellom stoffer i filter og uteluft, evt. i kombinasjon med fukt kan forurense tilluft			Grunnleggende prosesser

11.7 Ventilasjonsanlegg med lav vifteenergi

Effekt	Vurdering	Mot TEK 10	Mot eksisterende	FoU-behov
Positiv effekt				
Mindre støy		😊	😞 😊	
Mindre ukontrollert temperaturstigning		😊	😞 😊	
Negativ effekt/risiko				
Reduserte kastelengder	Kan gi redusert ventilasjonseffektivitet	😞 😞	😞 😊	Produktutvikling
Spesielle forhold ved rehabilitering				
Utfordring med aggregatplassering og føringsveier				
Uavklarte forhold / FoU-behov				
	Optimalisering av utførelse og utnyttelse av naturlige drivkrefter.			Produktutvikling



11.8 Varmegjenvinning av ventilasjonsluft

Effekt	Vurdering	Mot TEK 10	Mot eksisterende	FoU-behov
Positiv effekt				
Trekkfri lufttilførsel		☹️	😊!	
Kan gjenvinne fukt (enkelte typer)	Om dette er ønskelig eller ikke kan variere, bl.a. med bruk	☹️😊	☹️😊	
Liten kostnad for økt ventilasjon	Reduserer barrierer for å ventilere ekstra ved behov	☹️😊	☹️😊	
Negativ effekt / risiko				
Mulighet for omluft	Noe redusert fjerning av forurensninger Luktoverføring fra nabo (ved felles anlegg)	☹️	☹️☹️	
Uønsket varmegjenvinning	Ved manglende regulering kan overtemperatur oppstå (løsninger finnes)	☹️	☹️☹️	
Spesielle forhold ved rehabilitering				
Utfordring med aggregatplassering og føringsveier				
Uavklarte forhold / FoU-behov				
Fysisk / kjemiske prosesser i gjenvinner	Kanskje også enkelte typer forurensning kan gjenvinnes (i sykliske gjenvinnere)			Grunnleggende prosesser. Produktutvikling

11.9 Luftbåren oppvarming

Effekt	Vurdering	Mot TEK 10	Mot eksisterende	FoU-behov
Positiv effekt				
Ikke behov for punktvarmekilde	Mindre risiko for støvbrenning	☹️😊	☹️😊!	
Negativ effekt/risiko				
Høy lufttemperatur for å oppnå termisk komfort	Dårligere opplevd luftkvalitet, mer uttørring av slimhinner	☹️	☹️	Hvilke klima kan ev. løsningen egne seg for?
Vanskelig temperaturregulering	Liten brukerinnflytelse på temperatur, enkeltrom for varme (soverom) eller kalde (baderom) for brukerkomfort	☹️	☹️	Individuell tillufttemperatur / bypass
Spesielle forhold ved rehabilitering				
Lite aktuell løsning				
Uavklarte forhold / FoU-behov				
Beboerønsker	Hva er reelle temperaturønsker (bad, soverom, andre oppholdsrom), og er disse evt. i endring?			

11.10 Grunnvarmeveksler / kulvert for tilluft

Effekt	Vurdering	Mot TEK 10	Mot eksisterende	FoU-behov
Positiv effekt				
Redusert lufttilførsel	Ved frysing i varmeveksler. Forvarming reduserer risikoen	 	 	
Negativ effekt/risiko				
Inntrengning av radon	Ved utettheter			Sikre løsninger
Fukt og annen forurensning	Ved kondens, utettheter eller uheldig plassering			
Spesielle forhold ved rehabilitering				
Lite aktuell løsning				
Uavklarte forhold / FoU-behov				
Prosjektering	Løsninger som tillater god plassering av luftinntak og er sikker mot kondensskader og inntrengning av forurensninger.			

12 Forskningsbehov

Denne rapporten tar for seg forskning for å sammenligne inneklime i passivhus med «vanlige hus» etter TEK 10. Her er det noen tydelige metodemessige utfordringer fordi forskjellene mellom disse boligtypene er relativt små sammenlignet med variasjonen i praktisk bruk innen hver type, og fordi en del av effektene som kan opptre først vil opptre ette lengre tid. En tilnærming med oppfølging av noen utvalgte enkeltboliger over tid kan gi nyttig informasjon om enkeltforhold, men kan ikke forventes å gi noe entydig svar på om beboere i passivhus blir friskere/sykere enn andre mennesker.

En viktig supplerende innfallsvinkel er å studere de enkeltteknologiene som vil inngå, eller bli favorisert, av en innføring av passivhusnivå. For å danne grunnlag for bedre risikovurderinger enn det som er gjort i denne rapporten, er det aktuelt med laboratorieforsøk supplert med erfaringsinnsamling fra eksisterende bygg for å identifisere prosesser som kan påvirke inneklime over tid. Risikovurderingen bør inkludere scenarier for utvikling som tar hensyn til drivere og utviklingstrekk slik som de som er omtalt i avsnitt 5.

Begge disse innfallsvinklne innebærer en risiko for at forhold av betydning blir oversett eller feilvurdert, enten fordi man ikke har gode kriterier for hva som utgjør et godt og trygt inneklime for alle, eller fordi man legger feil randbetingelser til grunn.

For å redusere denne risikoen er det viktig med mer kunnskap om hva beboere blir eksponert for i sitt inneklime, og hvilke effekter dette kan ha. Videre trengs en klar oppfatning av hva som er randbetingelsene. Her mener vi det er spesielt viktig å få fram informasjon om forhold i eksisterende bygg og om beboernes adferd og forventninger.

12.1 Arbeidsverksted

SINTEF Byggforsk arrangerte 15. november 2012 arbeidsverksted for spesielt inviterte representanter for byggenæring, brukerrepresentanter, forskningsinstitusjoner og myndigheter med tema helse og inneklime i passivhus. Hensikten var å gi et bedre grunnlag for å beskrive og prioritere forskningsbehov knyttet til bolig og helse, med spesiell vekt på boliger med svært lavt energibehov.

Fem innledere presenterte noen utvalgte problemstillinger sett fra ulike utgangspunkt: bygninger, helse, ventilasjonsanlegg og brukere. Det ble også presentert resultater og planer fra noen nyere eller pågående prosjekter. Deretter ble deltagerne utfordret til å besvare hvilke utfordringer som var av størst betydning for brukerne, byggebransjen og myndighetene, og hvordan disse kunne løses.

Innleiderne og gruppearbeidene konkluderte med at det er behov for å generere ny kunnskap, spre og bruke eksisterende kunnskap mer aktivt, og for å utvikle bedre virkemidler slik at energibruken i boligmassen kan reduseres samtidig med at helse og livskvalitet blir bedre. De fleste av disse behovene er av generell karakter, dvs. ikke spesifikke for passivhus, men en innføring av skjerpede krav til energieffektivitet i nye og eksisterende bygg gjør det mer kritisk at behovene løses. Bygninger har lang levetid og det er vesentlig at bygningsdeler og tekniske anlegg utformes slik at de kan driftes, vedlikeholdes og ved behov skiftes ut på en forsvarlig måte. Dette må kunne ivaretas av boligeier og utføres av boligeier eller aktører i bygge- og servicenæringen. Disse er mange¹⁰, og med varierende kompetanse. Innemiljø i eksisterende bygg, og særlig ved ulike oppgraderingstiltak er spesielt utfordrende. Det er for lite kunnskap om eksponering generelt og særlig kjemisk eksponering i innemiljø, og hvordan bygningen, tekniske anlegg og beboernes adferd påvirker denne.

Sammenfatning av gruppearbeid på arbeidsverksted

Gruppene mener at **beboerne** har behov for godt utformede bygg som lar seg bo i og vedlikeholde på en økonomisk forsvarlig måte. Alle må kunne bo uten å bli påført helseproblemer. Enkeltforhold som ble trukket fram

- Brukeren ønsker kontroll over eget miljø. Temperatur, belysning, mulighet til å åpne vinduer.
- Betjening må være intuitivt forståelig.
- Støyforhold, temperatur og trekk må være behagelig.
- Det er behov for mer kunnskap om beboeradferd, eksponering og effekter i boliger. For å kunne designe og bygge trygge og gode boliger med lavt energibehov trengs mer kunnskap om hvordan boligene kan forutsettes å bli behandlet, og hva som utgjør gode boliger. Uten mer kunnskap om forholdene i eksisterende boliger er det vanskelig å tolke målinger og andre resultater fra nyoppførte hus. Hvilke faktorer er det grunn til å følge opp spesielt? De største utfordringene ligger i skjæringspunktet mellom bygningsdesign, eksponeringskilder og bruk, og det er behov for tverrvitenskapelige tilnærminger. Ulike tekniske anlegg må "spille på lag" innbyrdes

Bransjen har behov for kompetansespredning. Dette inkluderer bestillerkompetanse. Løsninger må la seg bygge og vedlikeholde, og være robuste innen et realistisk spenn av brukeradferd og forhold for øvrig. Kommunikasjon av kvalitet til kjøper er en utfordring. Regelverk må være godt nok. Konkrete enkeltområder:

- Optimale løsninger for ulike oppvarmingsbehov
- Ventilasjonsanlegg med enkelt vedlikehold og selvrensende filter
- Solskjermingsløsninger som er egnet for norske forhold (lav vintersol, snø og is)

Myndighetene har behov for sikrere kunnskap om helsekonsekvenser av regelverk og byggeskikk. Uten dette er det vanskelig å utarbeide et balansert og konsistent regelverk. Enkeltområder:

- Hvordan kan det settes relevante krav til avgassing materialer?
- Hvor fleksibelt skal regelverket være
- Hvordan formulere forsvarlige krav til eksisterende bygg

Det er behov for mer kunnskap om beboeradferd, eksponering og effekter i boliger. For å kunne designe og bygge trygge og gode boliger med lavt energibehov trengs mer kunnskap om hvordan boligene kan forutsettes å bli behandlet, og hva som utgjør gode boliger. Uten mer kunnskap om forholdene i eksisterende boliger er det vanskelig å tolke målinger og andre resultater fra nyoppførte hus. Hvilke faktorer er det grunn til å følge opp spesielt? De største utfordringene ligger i skjæringspunktet mellom bygningsdesign, eksponeringskilder og bruk, og det er behov for tverrvitenskapelige tilnærminger.

¹⁰ Av Norges 2,2 millioner boliger (2008) var 76 % eiet av husholdningene selv. Byggenæringen omfattet i 2007 mer enn 68 000 bedrifter.

13 Pågående forskning

I dette kapittelet er det listet enkelte pågående prosjekter som er relevante for de problemstillingene som diskuteres i denne rapporten.

- Institut für Bauökologie og Universität Wien har etablert et prosjekt der inneklima i passivhus og andre nybygde hus sammenlignes. Det gjennomføres en rekke fysiske målinger og egenrapportert helse undersøkes etter en forsøksprotokoll som foreløpig ikke er offentlig tilgjengelig. Vi har fått tilgang til måleresultater for tVOC, formaldehyd, CO₂ og middallergener. Disse viser svært stor spredning innen de to gruppene av boliger, noe som innebærer at det må gjøres et relativt stort antall målinger for å kunne gjøre meningsfulle sammenligninger mellom grupper eller med tilsvarende undersøkelser i andre land.
- Det NFR-finansierte prosjektet EBLE tar mål av seg til en systematisk evaluering av bygningsfysiske, energimessige og termiske forhold i et antall nybygde passivhus og referanseboliger etter TEK 10. Boligene som inngår inneholder flere teknologiske løsninger knyttet til varmebehov og varmforsyning, og er godt egnet til nærmere studier av inneklima og helse.
- Det NFR-finansierte prosjektet SEOPP vil undersøke enkeltboliger som oppgraderes til passivhusstandard. Enkelte inneklimatestere vil bli undersøkt. Boligene vil egne seg til nærmere studier av inneklimatestere.
- Et pågående prosjekt hos IVL i Sverige: "Strategy och Methodology for assessment of Indoor air quality i Lågenergibygnader" (SMIL) er av spesiell interesse ved at det spesifikt tar for seg de metodemessige utfordringene, gjeldende målinger av luftkvaliteten innendørs. I pilotstudien måles utvalgte kjemiske foreninger som ozon, NO₂, formaldehyd, (T)VOC, CO₂, T, RH og mikrobiologisk forurensning i noen utvalgte hus. Ut fra dette skal en metodologi utvikles som kan implementeres i et større antall lavenergiboliger. Resultatene skal deretter kunne sammenlignes med tidligere resultater fra den eksisterende boligmassen (BETSI). Prosjektet er treårig og skal avsluttes i 2013.
- Vindusprodusenten Velux har bygget forbildeprosjekter¹¹ i Europa. Beboerne er blitt fulgt av en antropolog som har innsamlet erfaringer fra beboernes hverdager, og opplevelser. Et pågående PhD-arbeid ved Aalborg universitet omhandler de innsamlede målinger og erfaringer.
- Som aktivitet i forskningssenteret ZEB – The Research Centre on Zero Emission Buildings, gjennomføres det en etterprøving og evaluering av Løvåshagen borettslag i form av intervjuer, beboerundersøkelser samt langtidsmålinger av formålsdelt energibruk, inneklimatestere og vindusåpningstid. Undersøkelsene skal bidra til ny kunnskap om hvordan beboerne bruker og opplever lavenergi- og passivhus, spesielt med hensyn til oppvarming og ventilasjon, og i hvilken grad de forskjellige atferdsfaktorer påvirker inneklimatestere og energibruk. I tillegg vil undersøkelsene også bidra til å avdekke mulige avvik i bygnings- og installasjonsteknisk utforming og ytelse. Beboerundersøkelser er utformet slik at resultater kan sammenlignes med andre studier på boliger fra forskjellige tidsperioder, som f.eks. i BETSI-studien.

14 Forslag til forskningsaktiviteter

14.1 Referansemateriale for tilstanden til dagens boligmasse

For å risikovurdere virkemidler rettet mot boligmassen er det etter vår mening ønskelig med en vesentlig bedre oversikt over tilstanden enn i dag. I en innledende fase vil det være naturlig å analysere eksisterende datakilder, slik som bygningsopplysninger fra matrikkelen, opplysninger fra energimerkeordningen, SSBs levekårsundersøkelse og eventuelle private tilgjengelige registre, slik som Byggforsks skadearkiv og Anticimex boligstatus. Utredning av om det er mulig å inkludere data fra Boligsalgsrapporter, som trolig vil få en meget god dekning og en standardisert datainnhenting fra 2015 bør inngå i et slikt prosjekt. Dette kan gi en bedre innsikt i boligbestandens tekniske status, og dermed også grunnlag for feltstudier.

¹¹ Sustainable living – project "Model Home 2020".

Data fra datakartleggingen bør suppleres med feltundersøkelser der prioriterte parametere i et representativt utvalg boliger undersøkes. Det er naturlig å se dette i sammenheng med epidemiologiske undersøkelser som mor og barn-undersøkelsen ved Folkehelseinstituttet, regionale helseundersøkelser med mer. Kartleggingen bør vurdere om det er behov for enda mer omfattende tiltak for å kartlegge tilstanden i boligmassen. De svenske ELIB- og BETSI-studiene har lagt grunnlag for klare bygnings- og boligpolitiske mål (Boverket, 2009). En dialog om erfaringer og metodevalg med de involverte i disse studiene bør gjennomføres.

14.2 Inneklimaeffekter av oppgradering

En vesentlig del av potensialet for energieffektivisering i boligsektoren er betinget av energieffektivisering i eksisterende boliger. Verdens Helseorganisasjon har pekt på behovet for å se energiltak i sammenheng med helseforbedrende tiltak. Det er ønskelig å studere hvordan ulike former for oppgraderingstiltak påvirker inneklima og helse. Ved å følge opp boliger før og etter oppgradering er det mulig å designe intervensjonsstudier som fjerner noe av usikkerhetene med tverrsnitts- eller case/control design. En undersøkelse bør ta sikte på problemstillinger som:

- Hvilke forurensningskilder og eksponeringer forekommer i eksisterende boliger?
- Hvordan påvirkes disse av ulike energieffektiviseringstiltak?
- Er det andre tiltak som bør settes i verk samtidig med de vanlige energireduserende tiltakene for å fjerne helseskadelig eksponering og ytterlige forbedre helseeffekten?
- Er det mulig å påvise helse- og komforteffekter av oppgradering?
- Vil slike evt. effekter være varige?

14.3 Langtidsoppfølging av inneklima i boliger med lavt energibehov

Utgangspunktet for oppdraget som rapporteres her var å legge til rette for systematisk undersøkelse av inneklima og helse i norske passivhus og referanseboliger etter TEK over tid. Langtids oppfølging av slike boliger er særlig viktig for å studere hvordan inneklimarelevante faktorer endres over tid. Eksempel på slike faktorer kan være lufttetthet, fuktforhold i konstruksjonen, luftskifte, filtreringseffektivitet i ventilasjonsanlegg og funksjon av oppvarmingssystem. Dette kan undersøkes ved en kombinasjon av kontinuerlig logging og gjentatte målinger.

Også brukervaner og endringer i disse over tid bør studeres i et slikt prosjekt. Fører for eksempel det lave oppvarmingsbehovet til at innetemperaturen økes, luftes det annerledes, blir brukerne mer eller mindre på bruk og vedlikehold over tid, og utføres vedlikehold og endringer på en forsvarlig måte?

14.4 Beboeradferd ved oppgradering av boliger

Det er av flere grunner viktig å kartlegge beboeres bruk og oppfatning av boligen og dens tekniske systemer. Studier og erfaringer viser at beboeres adferd er høyst variabel. En bedre forståelse av hva som karakteriserer boliger og anlegg som flest mulig er i stand til å bruke på en slik måte at boligen oppleves som komfortabel, har godt inneklima og belaster miljøet lite, er ønskelig. Dette gir både muligheter for produktutvikling i byggenæringen og bedre grunnlag for målrettede offentlige virkemidler. Eksempler på problemstillinger er:

- Hvilke innetemperaturer foretrekkes under ulike betingelser (i og utenfor oppvarmingsperioden)?
- Gir lavere oppvarmingsbehov høyere innetemperaturer og dårligere opplevd luftkvalitet?
- Hvilke lufte- og ventilasjonsvaner har beboere ved ulike forhold, og hvordan påvirkes denne av oppgraderinger?
- Hvilke betingelser skal være til stede for at ulike beboere skal bruke vinduslufting optimalt?
- Endrer oppgraderingen oppussingsvaner og andre aktiviteter som påvirker luftkvalitet?
- Hvordan bør solskjerming utformes for at beboerne skal kunne bruke denne godt?

14.5 Bruker- og vedlikeholdsvennlige ventilasjons- og oppvarmingsystemer

For å ivareta sikrest mulig funksjon og størst mulig brukertilfredshet over tid må tekniske systemer utformes og dokumenteres slik at brukerne har god forståelse av hvordan de skal oppnå ønsket funksjonalitet, og slik at vedlikehold, inkludert utskiftninger kan utføres uten at dette får uheldige konsekvenser. Produktutvikling med brukermedvirkning, inkludert brukere med ulike utfordringer er tema for et (eller flere) utviklingsprosjekt. Også her er det spesielt krevende utfordringer ved oppgradering av boliger der det kan være vanskelig å finne plass for tekniske anlegg og føringsveier.

14.6 Metoder for vurdering av kjemisk eksponering fra byggematerialer under ulike forutsetninger

Det stilles krav til materialers egenskaper i en rekke sammenhenger, for eksempel gjennom forskrifter og produktstandarder, derav også i tekniske godkjenninger, og i frivillige merkeordninger og miljøvurderingsverktøy som Svanen, Inneklimamerket eller BREEAM. Slike merkeordninger bygger på deklarasjoner og testing, men det er i mange tilfeller usikkerhet om det faglige grunnlaget for kriteriesetting. Det vil være verdifullt å undersøke kritisk hvordan materialegenskapene kan gi inneklima- og helseeffekter gjennom produktets livsløp og hvilke kriterier som er mest relevante for brukernes reelle eksponeringer. Eksempel på problemstillinger er:

- Er primæremisjon eller sekundæremisjon mest vesentlig?
- Hvilke produktsystemer (eksempelvis våtromssystemer med ulike kjemiske byggprodukter) må testes i samvirke, og hvilke er det akseptabelt å teste separat?
- Er det krav med lav relevans som bidrar til vesentlig dårligere produktenskaper på andre måter?

14.7 "Ikke-bygg" forurensningskilder

Det anføres av og til at ventilasjon kan reduseres dersom bygningsmaterialene er lite forurensende. Dette forutsetter at det er forurensningen fra byggematerialene som er dimensjonerende for ventilasjonen. Det kan være verdifullt å gjøre en undersøkelse av hva som er de viktigste forurensningene i bygninger i praktisk bruk, og om det er enkelte produktgrupper der det bør stilles strengere krav til egenskaper eller produktmerking.

14.8 Sammenheng mellom fukt og fuktskader, mikroorganismer og utvikling av astma og allergi

Lenge har det vært antatt at unngåelse av mulige allergener har virket beskyttende mot utvikling av astma og allergi. Dette er i den senere tid trukket i tvil, og det finske allergiprogrammet bygger på å bare unngå allergener der hvor de utløser plagsomme reaksjoner (von Herzen & al. 2009). Det har vært lansert hypoteser om at manglende biodiversitet, spesielt i mikroorganismene i tarm og på hud kan bidra til slik sykdomsutvikling (von Herzen & al. 2011, Haahtela 2012). Det er tenkelig at boligforholdene kan være en faktor som bidrar til denne biodiversiteten. For eksempel kan filtrering av tilluft, svært tørr innetemperatur og ulike rengjøringsmidler redusere eksponeringen for mikroorganismer inne, mens fuktskader kan øke eksponeringen, men kanskje gjøre de mer ensidig. Moderne genetiske metoder gjør det teknisk mulig å karakterisere innendørs biodiversitet på en mer presis måte enn tidligere og dette kan bidra til å avdekke om noen av de tiltakene som gjennomføres for å oppnå godt inneklima kan virke negativt på enkelte aspekter. En slik undersøkelse kunne inngå i (14.1).

14.9 Grunnleggende studier av årsaker til helse og sykdom

Studier som i hovedtrekk tar for seg tekniske forhold, eventuelt sammen med egenrapportert helse og komfort eller enkle fysiologiske parametere, kan ikke erstatte (eller erstattes av) grunnleggende forskning som studerer årsaker til sykdom og helse. En bred omtale av denne typen forskning er ikke mulig her, men det understrekes at sterke fagmiljøer innen denne typen forskning er nødvendig for å oppnå full effekt av den mer tekniske og brukerrettede forskningen, og omvendt.

15 Finansieringsmuligheter

15.1 Norges Forskningsråd

ENERGIX

Det store Forskningsrådsprogrammet ENERGIX skal "støtte en langsiktig og bærekraftig omstilling av energisystemet for å kunne møte økt tilgang av ny fornybar energi, økt effektivisering og fleksibilitet og tettere integrasjon mot Europa. Samtidig er det viktig at miljøhensyn ivaretas. ENERGIX skal frembringe ny kunnskap og løsninger som er helt i front rettet mot 5 hovedmålsettinger:

- Å sikre nasjonal forsyningsikkerhet
- Bærekraftig utnyttelse og bruk av nasjonale fornybare energiressurser
- Reduksjon av norske og globale klimagassutslipp
- Utvikling av norsk næringsliv
- Å utvikle norske forskningsmiljøer "

Samfunnsmessige konsekvenser av energieffektivisering er delvis omfattet av programmet.

PROGRAM FOR FOLKEHELSE 2011–2015

Det overordnede målet for programmet er å bidra til ny kunnskap om hva som påvirker folkehelsen, om årsaker til sosiale helseforskjeller, samt virkemidler for å redusere slike forskjeller og bedre folkehelsen. Inneklime er relevant for disse målene. Prioriterte forskningsområder er i) helseatferd som fysisk aktivitet, kosthold, tobakk og ulykkesrelatert atferd, ii) forskning om livsløp slik som oppvekstkår, utdanning, arbeid og inntekt relatert til helse, og iii) forebyggingsaspektet knyttet til psykisk helse. Sosial ulikhet i helse vil være et sentralt fokus på tvers av de tematiske områdene. Programmet vil også kunne finansiere forskning som undersøker andre intermedieære faktorer av betydning for folkehelsen og for sosiale helseforskjeller, som for eksempel bomiljø/geografiske faktorer, samspill mellom forskjellige påvirkningsfaktorer, og bruk av rusmidler i samspill med andre påvirkningsfaktorer for helse. Gitt programmets rammer og prioriteringer er det lite sannsynlig at programmet vil bidra nevneverdig til forskning om inneklime og helse.

15.2 Bygg 21

I Stortingsmeldingen "Gode bygg for eit betre samfunn" er følgende scenario beskrevet:

"I 2030 er byggsektoren ein viktig aktør for å løyse sosiale, helsemessige og miljømessige utfordringar i samfunnet."

Mer spesifikt peker meldingen på betydningen av inneklime og helse- og miljøskadelige stoffer, at Regjeringen er særlig opptatt av å sikre at inneklime blir tatt vare på ved innføringen av passivhus og nesten nullenergi, og at Regjeringen vil vurdere behovet for et utviklingsprogram for inneklime i samarbeid med byggenæringen og forskningsinstitusjoner. Det er uklart hvordan og når dette er tenkt implementert, men det antas at dette søkes integrert i programmet "Bygg 21" som er under etablering i 2013.

16 Oppsummering

Det har vært reist spørsmål om myndighetenes ambisjoner om å innføre passivhusnivå som forskriftsnivå i 2015 og "nesten nullenergihus" i 2020 kan ha uønskede helsemessige konsekvenser. SINTEF Byggforsk tok i 2012 initiativ til å legge grunnlag for å undersøke disse sammenhengene nærmere. Denne rapporten inneholder resultater fra et forprosjekt finansiert av Husbanken og SINTEF Byggforsk gjennom grunnbevilgning fra Norges Forskningsråd. Hensikten med forprosjektet var å legge grunnlag for mer systematisk undersøkelse av inneklime og helse i norske passivhus og referanseboliger etter TEK over tid, sammenligne dette med studier i andre land, og identifisere de viktigste faktorer for at boliger kan gi tilfredsstillende inneklime for alle.

Rapporten tar ikke sikte på å være en oppdatert kunnskapsstatus på alle felter som angår helse og inneklima i passivhus, men forsøker å avdekke områder der det er behov for mer kunnskap.

Bedre boforhold vil medvirke til at norske kvinner født i 2011 har utsikt til å leve 24 år lenger enn de som var født 100 år tidligere. Likevel kjenner vi til at risikofaktorer som fuktskader, mangelfull ventilasjon, luftforurensning utenfra, radongass fra grunnen, med mer er utbredt i boliger som brukes i dag, og at utbedring av disse forholdene kan redusere forekomsten av flere sykdommer. Inneklimateforhold kan tenkes å ha betydning for noen av de sykdommene som nå viser økt forekomst, men med dårlig kjente årsaksforhold. Mer kunnskap om sammenhengene mellom inneklimate og helse, risikoforhold i dagens bygninger og hva som utgjør de beste løsningene for et helsefremmende inneklimate i fremtidens bygninger, kan bidra til en friskere befolkning.

En risikovurdering av sannsynlige forskjeller mellom boliger oppført etter TEK 10 og NS 3700 (passivhusstandard) tyder på at behovet for å forske på inneklimateforskjeller mellom disse boligkategoriene er begrenset, sammenlignet med behovet for en bredere forskning for å avklare hva som er godt inneklimate for alle, og hvordan dette best kan sikres. En viktig årsak til denne slutningen er at de vanligste teknologiene for å oppfylle henholdsvis TEK 10 og passivhusstandard ikke er dramatisk forskjellige. I praksis innebærer begge nivåer godt isolerte, lufttette ytterkonstruksjoner som er avhengige av balansert ventilasjon med varmegjenvinning, supplert med mulighet for vinduslufting for å opprettholde godt inneklimate. De viktigste teknologiske forskjellene som det knytter seg inneklimatemessige usikkerheter til, er forvarming av ventilasjonsluft ved kulvert/jordvarmeveksler, forenklet oppvarmingssystem og spesielt bruk av luftoppvarming, samt roterende varmegjenvinnere. Det er klare risikofaktorer knyttet til disse teknologiene.

Under ellers like forhold har passivhus noe større utfordringer knyttet til dagslystilgang, uttørring etter oppfukning og undertrykk ved bruk av kjøkkenavtrekk enn TEK 10-hus. TEK 10-hus på sin side har noe større utfordringer i form av trekk, temperaturforskjeller og fuktskader på grunn av konveksjon, samt støy utenfra. Inndrev av nedbør kan også være et mindre problem i passivhus dersom vindspærre utføres med høy tetthet. I tillegg vil strengere krav til energieffektive ventilasjonsanlegg i passivhus redusere støy fra ventilasjonsanlegg og uønsket temperaturstigning på ventilasjonslufta. Det er lite behov for å forske på inneklimatekonsekvensene av disse forskjellene mellom TEK 10 og passivhus, fordi forskjellene er små og mekanismene bak forskjellene er rimelig godt kjent. Utfordringene må møtes med kunnskap og gode løsninger.

Forskjellene mellom nye TEK 10 eller passivhus og eksisterende boliger er betydelig større, og av flere grunner mer fruktbare å undersøke:

- Det største potensialet for energieffektivisering ligger i den eksisterende bygningsmassen (Arnstad, 2010). Sterk reduksjon av energibehovet til eksisterende boliger er imidlertid teknisk utfordrende, og det er stort behov for dokumenterte trygge løsninger for prosjektering og utførelse av slike energitiltak. En bedre forståelse av forholdene i eksisterende bygg, ikke minst bygg der det er foretatt energisparetiltak i større eller mindre skala, er nødvendig for å utvikle slike løsninger.
- Mer kunnskap om inneklimateforhold i eksisterende boliger og hvordan disse påvirkes av oppgradering er nødvendig for å inkludere helsegevinster i beslutningsgrunnlaget og velge bærekraftige løsninger for de boligene som allerede er i bruk.
- Eksisterende boliger gir grunnlag for å sammenligne inneklimate i nybygg med inneklimate i bygninger med vesentlig annerledes løsninger, for eksempel bygg med store luftlekkasjer, mekanisk eller naturlig ventilasjon, ventilasjon uten filtrering av tilluft, bygg med lite isolasjon i bygningsskallet, med utstrakt bruk av tunge, hygroskopiske materialer, bygg uten dampspærre, m.m. Dersom teknologien i nye passivhus innebærer helsemessige risikoer eller gevinstmuligheter vil disse lettere komme fram i sammenligning med hus med helt andre/eldre løsninger.
- Dersom TEK 15 utformes med en større frihet til å velge løsninger enn det som følger av NS 3700, kan en del løsninger brukt i eldre hus igjen være aktuelle. En systematisk undersøkelse av inneklimate i eksisterende bygg kan bidra til å unngå å gjenta løsninger som gir dårlig inneklimate.

- Undersøkelser av innneklimaforhold i eksisterende boliger kan også gi en bedre forståelse av hvordan bygninger og deres bruk endres over tid, og hvordan dette påvirker innneklimaet og beboernes helse.

For å sikre at fremtidens boliger kan gi tilfredsstillende innneklima for alle er det også behov for mer grunnleggende studier av sammenhenger mellom bolig, boligbruk og helse, samt risikovurderinger som tar hensyn til ulike fremtidsscenarioer for klima, samfunnsforhold og befolkning.

17 Referanser

- Au-Yong, I. T., Thorn, N., Ganatra, R., Perkins, A. C., Symonds, M. E. 2008. Brown adipose tissue and seasonal variation in humans. *Diabetes* 58 (11), 2583-2587.
- Bakke, J.V., 2012 Oppvarming, varmekilder, energi, innneklima og helse. Helserådet, 10-12, s24-28. <http://helsedirektoratet.no/folkehelse/miljoretet-helsevern/Documents/helseradet-10-12.pdf>
- Bakke, J. V. 2012 Fukt i bygninger – hva koster det? *Allergi i praksis* 2012: 4: 24-35
http://www.naaf.no/no/naafs-blader/Fagbladet_Allergi_i_Praksis/Allergi-i-Praksis-4--2012/Fukt-i-bygninger--hva-koster-det/
- Bakke, J.V. 2013. Samfunnskostnader ved dårlig innneklima i Norge. Rapport for Helsedirektoratet og Direktoratet for Arbeidstilsynet.
- Boverket. 2009. Så mår våra hus. redovisning av regeringsoppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m. <http://www.boverket.se/Om-Boverket/Webbokhandel/Publikationer/2009/Sa-mar-vara-hus/>
- Blyussen, P. M., C. Cox, O. Seppanen, E. D. Fernandes, G. Clausen, B. Muller and C. A. Roulet (2003). "Why, when and how do HVAC-systems pollute the indoor environment and what to do about it? the European AIRLESS project." *Building and Environment* 38(2): 209-225.
- Choi, H., N. Schmidbauer, J. Sundell, M. Hasselgren, J. Spengler and C. G. Bornehag (2010). "Common Household Chemicals and the Allergy Risks in Pre-School Age Children." *Plos One* 5(10)
- Destailats, H., R. L. Maddalena, B. C. Singer, A. T. Hodgson and T. E. McKone (2008). "Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs." *Atmospheric Environment* 42(7): 1371-1388.
- Edwards L, Torcellini P 2002. A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants L. Edwards and P. Torcellini Prepared under Task No. BEC2.4002. National Renewable Energy Laboratory. 1617 Cole Boulevard Golden, Colorado 80401-3393. NREL is a U.S. Department of Energy Laboratory Operated by Midwest Research Institute • Battelle • Bechtel Contract No. DE-AC36-99-GO10337. <http://www.nrel.gov/docs/fy02osti/30769.pdf>
- Fang, L., D. P. Wyon, G. Clausen and P. O. Fanger (2004). "Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality, SBS symptoms and performance." *Indoor Air* 14: 74-81.
- Engwall, K, Norrby, C og Norbäck, D. 2003. Ocular, nasal, dermal and respiratory symptoms in relation to heating, ventilation, energy conservation, and reconstruction of older multi-family houses. *Indoor Air* 13(3): 206-211.
- Folkehelsa. 1996. Anbefalte faglige normer for inneluftkvalitet. Lastet ned fra <http://www.fhi.no/dokumenter/249C03CEC6614E87862368DA175E7A31.pdf>
- Folkehelsa. 2011. Fakta om propylenglykol og glykoletere i innemiljøet og om eventuell sammenheng med allergi og astma.? http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=233&trg=MainLeft_5565&MainArea_5661=5565:0:15,5172:1:0:0:::0:0&MainLeft_5565=5544:88128::1:5569:1:::0:0
- von Hertzen et al. 2009. Scientific rationale for the Finnish Allergy Programme 2008-2018: emphasis on prevention and endorsing tolerance. *Allergy*.64(5):678-701.
- von Hertzen L, Hanski I, Haahtela T. 2011. Natural immunity. Biodiversity loss and inflammatory diseases are two global megatrends that might be related. *EMBO Rep*. 12(11):1089-93.
- Heseltine, E., J. Rosen and World Health Organization. (2009). WHO guidelines for indoor air quality : dampness and mould. Copenhagen, WHO.
- Haahtela T. Environmental biodiversity, human microbiota, and allergy are interrelated. 2012. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 109(21):8334-9.

- Howden-Chapman P, Crane J, Chapman R, Fougere G. Improving health and energy efficiency through community-based housing interventions. *Int J Public Health*. 2011 Dec;56(6):583-8. Epub 2011 Aug 20.
- Howden-Chapman P, Chapman R. Health co-benefits from housing-related policies. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2012; 4: 414-19.
- Geving, S. og Holme, J. 2010. Høyisolerte konstruksjoner og fukt. Prosjektrapport 53, SINTEF Byggforsk.
- Ingvaldsen, T. Byggskadeomfanget i Norge. Prosjektrapport 163. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt, 1994
- Ingvaldsen, T. Byggskadeomfanget i Norge (2006). En vurdering basert på et tidligere arbeid og nye data. Prosjektrapport 17. Oslo: SINTEF Byggforsk, 2008
- Kirkhus, Anders. 2012. Yttervegger i passivhus. Norsk Bygningsfysikkdag 2012.
- Klinski, M., J. Thomsen, Å. L. Hauge, S. Jerkø and T. H. Dokka (2012). Systematisering av erfaringer med passivhus. Oslo, SINTEF akademisk forlag.
- Kovesi, T., C. Zaloum, C. Stocco, D. Fugler, R. E. Dales, A. Ni, N. Barrowman, N. L. Gilbert and J. D. Miller (2009). "Heat recovery ventilators prevent respiratory disorders in Inuit children." *Indoor Air* 19(6): 489-499.
- Lindal, Åsmund og Peter Butenschøn. 1982. Oslo-bilder : en fotografisk dokumentasjon av bo- og leveforhold i 1981-82. Universitetsforlaget, Bergen.
- Mavrogianni, A, Johnson, F. & al. 2013. Historic variations in winter indoor domestic temperatures and potential implications for body weight gain. *Indoor and Built Environment* 22(2): 360-375.
- Mendell MJ, Mirer AG, Cheung K, Tong M, Douwes J. Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents: a review of the epidemiologic evidence. *Environ Health Perspect* 2011; 119: 748-756.
- Nasjonalt Folkehelseinstitutt. 2013 Anbefalte faglige normer for inneklimate. Revisjon av kunnskapsgrunnlag og normer. "Siste Utkast"
- Pollio, Marcus Vitruvius. Ca 27-23 f.v.t. *De Architectura libri decem* (Ten Books of Architecture). Engelsk oversettelse fra <http://penelope.uchicago.edu/Thayer/E/Roman/Texts/Vitruvius/home.html>
- Skjønby, H.W. 2001. Innføringen av Sunnhetsloven i 1860. *Tidsskr. Nor. Lægeforen.*2001; 121:80-81
- SINTEF Byggforsk. 2010. Anvisning 700.110 Byggskader. Oversikt.
- Sundt, Eilert. 1862. Om bygnings-skikken paa landet.
- Tellier, R. (2009). "Aerosol transmission of influenza A virus: a review of new studies." *Journal of the Royal Society Interface* 6: S783-S790.
- Toftum, J., A. Melikov, A. Tynel, M. Bruzda and P. O. Fanger (2003). "Human response to air movement - Evaluation of ASHRAE's draft criteria (RP-843)." *Hvac&R Research* 9(2): 187-202.
- Umweltbundesamt, 2012. AgBB: Health-related Evaluation of Emissions of Volatile Organic Compounds (VOC and SVOC) from Building Products. Lastet fra <http://www.umweltbundesamt.de/produkte/bauprodukte/agbb.htm> 2012-12-18.
- Thomsen, J. og Berge, M. 2012. Inneklimate i energieffektive boliger - en litteraturstudie. SINTEF Byggforsk. http://www.husbanken.no/~media/Miljo_energi/LitteraturstudieSINTEF20120220siste1.ashx
- Thomson H, Thomas S, Sellstrom E, Petticrew M. The Health Impacts of Housing Improvement: A Systematic Review of Intervention Studies From 1887 to 2007. *AJPH* 2009;99:S681-S692
- Wickman M, Nordvall SL, Pershagen G, Sundell J, Schwartz B. 1991. House dust mite sensitisation in children and residential characteristics in a temperate region. *J Allergy Clin Immunol* 1991; 88: 89-95.
- Wolkoff, P. and S. K. Kjaergaard 2007. "The dichotomy of relative humidity on indoor air quality." *Environment International* 33(6): 850-857.
- World Health Organization. 2009. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Geneva, Switzerland, World Health Organization.
- World Health Organization. 2010. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Copenhagen, WHO
- World Health Organization 2011. Health in the green economy: health co-benefits of climate change mitigation – housing sector: http://www.who.int/hia/green_economy/en/index.html
- Waage, Siri, Ståle Pallesen og Bjørn Bjorvatn. 2007 *Skiftarbeid og søvn* Norsk Psykologitidsskrift 44: 428-433

- Bluyssen, P. M., C. Cox, et al. (2003). "Why, when and how do HVAC-systems pollute the indoor environment and what to do about it? the European AIRLESS project." Building and Environment **38**(2): 209-225.
- Center for Universal Design (1997). The Principles of Universal Design, North Carolina State University.
- Choi, H., N. Schmidbauer, et al. (2010). "Common Household Chemicals and the Allergy Risks in Pre-School Age Children." Plos One **5**(10).
- Destailhats, H., R. L. Maddalena, et al. (2008). "Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs." Atmospheric Environment **42**(7): 1371-1388.
- Engvall, K., C. Norrby, et al. (2003). "Ocular, nasal, dermal and respiratory symptoms in relation to heating, ventilation, energy conservation, and reconstruction of older multi-family houses." Indoor Air **13**(3): 206-211.
- Fang, L., D. P. Wyon, et al. (2004). "Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality, SBS symptoms and performance." Indoor Air **14**: 74-81.
- Heseltine, E., J. Rosen, et al. (2009). WHO guidelines for indoor air quality : dampness and mould. Copenhagen, WHO.
- Klinski, M., J. Thomsen, et al. (2012). Systematisering av erfaringer med passivhus. Oslo, Sintef akademisk forlag.
- Tellier, R. (2009). "Aerosol transmission of influenza A virus: a review of new studies." Journal of the Royal Society Interface **6**: S783-S790.
- Toftum, J., A. Melikov, et al. (2003). "Human response to air movement - Evaluation of ASHRAE's draft criteria (RP-843)." Hvac&R Research **9**(2): 187-202.
- Wolkoff, P. and S. K. Kjaergaard (2007). "The dichotomy of relative humidity on indoor air quality." Environment International **33**(6): 850-857.
- World Health Organization. (2010). Who guidelines for indoor air quality : selected pollutants. Copenhagen, WHO.

A Abstract av prosjektbeskrivelse fra IBO / Universität Wien

NEUE ENERGIEN 2020

1. Ausschreibung

1.2 Abstract

Increasing the energy efficiency of buildings is one of the central requirements in efforts to reduce the consumption of non-renewable energies. Over recent years, house building methods have been developed that have led to a relevant reduction in heating energy consumption (low-energy and passive house standards). However, many builders are still sceptical about the use of ventilation systems as a basic requirement for the construction of energy-efficient buildings. In these cases, conventional building methods are used and the possibility of reducing energy consumption is abandoned. There is therefore a great need for reliable facts about the connection between health status and house type.

The planned study will compare the overall health and the health of the respiratory tract of occupants of new passive houses at the time of the move and one year later by means of interviews, using conventionally constructed single-family houses as a control. In addition, representative room air tests for common air pollutants like formaldehyde, volatile organic compounds and allergens will be performed both at the time of the move and one year later and the air change in the bedrooms determined. The test groups consist of 60 newly built single-family houses constructed in accordance with the criteria of the passive house standard. The control group consists of 60 new single-family houses constructed in the same year, the same geographical location and the same price class as the test groups without a mechanical ventilation system, using conventional methods of construction. Evidence about the changes in the individual symptom rates will be determined using statistical analyses.

The purpose of the study is to examine reported changes in state of health by interviewing occupants of the test group houses approx. one year after the first interview in comparison to the state of health of the occupants of the control group houses in the same period. The aim is to determine whether the house type has significant effects on changes in health status after one year. The survey will pay particular attention to health problems associated with sick buildings, such as sore throat, coughing, tiredness and irritability. The subjects will not be informed of the ultimate aim of the study (comparison of different house types).

The analyses of the room air tests will serve to determine whether the subjectively perceived health status is related to objective pollution measurements. It will also be determined whether the different house types differ from one another.

The results of the study will provide excellent basic data both for experts and for potential house buyers interested in health information before they make a decision. The result of the study is to be disseminated via press conferences, information events and publications.

B Hva er et passivhus?

Et passivhus er i prinsippet det samme som et hvilket som helst annet nybygd hus, men det har «tatt på seg en ekstra ullgenser» for å holde bedre på varmen og dermed bruke mindre energi enn et vanlig hus. Det vil si at det er benyttet tykkere isolasjon i gulv, vegger og tak og bedre vinduer og dører enn i andre nye hus.

Tabellen til høyre viser en oversikt over varmetap og isolasjonstykkelser i et vanlig passivhus bygg. Tabellen er veiledende fordi det ofte vil være avvik fra disse verdiene, avhengig av byggets utforming og størrelse.

Ved passivhusbygging benyttes de samme prinsippene som ved bygging av andre hus. Det benyttes ikke nye, ukjente teknologier.

Tiltak/Bygningsdel	Typisk U-verdi	Tilsvarende tiltak
Golv på grunn	0,10 W/m ² *K	40 cm isolasjon
Yttervegg	0,11 W/m ² *K	35 cm isolasjon
Tak	0,09 W/m ² *K	45 cm isolasjon
Vinduer og dører	0,75 W/m ² *K	3 lags vinduer med isolert karm.
Varmegjenvinning ventilasjonsanlegg	82 %	God varmegjenvinning.
Lekkasjetall	0,6 h ⁻¹	Kontinuerlig vind- eller dampspersjikt med tette skjøter og gjennomføringer.

Tabell B.1

B.1 Historikk

Utviklingen av bygg med lavt energiforbruk går langt tilbake. På 70-tallet oppførte Danmarks tekniske Høyskole, nå Danmarks tekniske universitet, Nordens første "null-energi hus", på Lundtofte sletten. Byggeriet var en konsekvens av den daværende oljekrise. Senere ble det oppført flere forsøk på energivennlige boliger, og mot slutten av 80-tallet ble "Passivhus"-begrepet skapt og strukturert av tyske Prof. Wolfgang Feist. Det første passivhuset ble bygget i 1990 i Darmstadt av Passivhaus Instituttet (PHI)¹².

B.2 Passivhaus Instituttets sertifiseringskriterier

Etter oppførelsen av det første forbildeprosjekt, utviklet PHI på starten av 90-tallet et beregningsverktøy – Passiv Haus Planungs Paket (PHPP), til bruk i prosjekteringen av passivhus og likeledes en sertifiseringsordning, for de som bygger etter instituttets passivhuskriterier.

Passivhus prosjektert med PHPP og etter PHIs regler, følger overveiende de gjeldende Europeiske Normer, men med enkelte endringer, som PHI finner mere brukbare. I praksis må en derfor i tillegg utføre en energiberegning, etter den nasjonale lovgivning for å oppnå byggetillatelsen.

¹² Kilde: PHI, http://www.passiv.de/de/01_passivhausinstitut/01_passivhausinstitut.htm

Opprinnelig hadde beregningsprogrammet bare geografiske data for Sentral-Europa, men dette har i takt med utbredelsen av standarden utviklet sig til nå å gjelde det meste av verden.

B.3 Hovedtrekk i konseptet

Passivhusbegrepet og konseptet fra PHI er i henhold til PHIs definisjon:

"Et passivhus er en bygning der termisk komfort (ISO 7730) kan oppnås kun med oppvarming eller kjøling av den luftmengden som er nødvendig for tilstrekkelig inneluftkvalitet".

PHIs grunnleggende prinsipp er å bygge enkelt og funksjonelt uten bruk av unødig energi til bygget. PHI har ikke bare fokus på energiforbruket, men på helheten og samspillet imellom energibruk, termisk komfort og luftkvalitet. Konseptet tar med energiforbruk til husholdningen, som eksempelvis vaskemaskin og komfyr i tillegg til energiforbruket til drift av bygget.

Det er krav til inneklimate, og bygget oppnår eksempelvis ikke en sertifisering, om en bolig ikke overholder kravet til maksimalt antall timer med overtemperatur på et år.

PHIs krav til et passivhus er som følger:

Varmebehov eller varmeeffekt til oppvarming	Varmebehov: Maks. 15 kWh/(m ² *år) Varme effekt: Maks 10 W/m ²
Tetthet/ infiltrasjon	Maks: (n50), 0,6h ⁻¹
Primær energiforbruk (Varme, Varmt vann, El til drift og husholdning)	Maks 120 kWh/(m ² *år)
Overtemperatur	Maks. 10 % av tiden mer enn 25 grader.
Kjølebehov	Maks. 15 kWh/(m ² *år)

I tillegg har PHI en rekke anbefalinger til u-verdier, og krav til effekt og energiforbruk for tekniske anlegg.

B.4 Norsk Standard 3700:2010

I Norge er begrepet passivhus definert i NS3700, hvor en i stor grad har brukt de samme krav til bygnings- og installasjonsteknisk utforming (U-verdier, lekkasjetall, varmegjenvinningsgrad), men ikke har holdt på funksjonskravet om at oppvarmingen skal kunne^{13, 14} skje utelukkende med ettervarming av friskluft. Dette er dermed et vesentlig avvik fra definisjonen fra passivhusinstituttet i Tyskland.

NS3700 tar hensyn til de regionale forskjeller som finnes i Norge, og de tradisjonelle byggemåter, med relativt lite isolasjon i yttervegger i forhold til tyske passivhus, som ofte har 50-60 cm isolasjon i yttervegg.

Med en konvensjonell oppvarmingsløsning skiller passivhus seg lite fra bygninger bygget i henhold til Byggeteknisk forskrift (TEK10). Forskjeller er da begrenset til økt isolasjonsmengde, bruk av trelagsvinduer, redusert varmetap i overgangsdetaljer (kuldebroer) og redusert luftlekkasjetall. En vurdering av konsekvenser for inneklimate og helse vil derfor i stor grad gjelde både for passivhus og hus etter TEK10.

¹³ Luften kan bære 10W/m² frem i varmeeffekt, og det er i tradisjonelle norske bygg for lite til at opprettholde 20 graders varme, på en kald vinterdag.

¹⁴ De fleste passivhuse etter PHI, bygges med konvensjonelle varmeanlegg, med eksempelvis lav fremløpstemperatur.

B.5 TEK 10 og NS 3700 i sammenligning

På oppdrag for Direktoret for byggkvalitet har Multiconsult og SINTEF Byggforsk utgitt rapporten, "Kostnadsoptimalitet, Energiregler i TEK", som sammenligner flere tidligere TEK, med energikostnader forbundet med oppgradering til dagens gjeldende nivå. Dessuten omhandler et avsnitt forholdet mellom TEK 10 og passivhus nivå i henhold til NS3700.

Avsnittet under er inkludert i bilaget, da forklaringen til tabellen gir et godt overblikk over overveielsene og forskjellene som er imellom å bygge et TEK10 hus og et passiv hus etter de gjeldende norske regler.

Avsnitt 6.2.1 fra rapporten "Kostnadsoptimalitet, Energiregler i TEK", er giengitt under:

Resultater småhus

Ut fra erfaringer blant annet fra gjennomførte passivhusprosjekter er det laget en kostnadseffektiv tiltakspakke som tilfredsstiller kravene i NS 3700. Merkostnader for de ulike tiltakene er vist i tabell 6.2. Merkostnader er inkludert mva.

Tabell 6.2: Merkostnader (inkl. mva) tiltak for å gå fra TEK10 til passivhus etter NS3700, for en enebolig på 175 m².

Tiltak	TEK10	Passivhus	Merkostnad*
1. Bygging under telt	-	-	0 kr/m ²
2. Tetthetsmåling	-	-	40 kr/m ²
3. Yttervegg	0,18 W/m ² K	0,11 W/m ² K	350 kr/m ²
4. Yttertak	0,13 W/m ² K	0,10 W/m ² K	150 kr/m ²
5. Gulv på grunn	0,15 W/m ² K	0,09 W/m ² K	60 kr/m ²
6. Vinduer og dører	1,2 W/m ² K	0,75 W/m ² K	200 kr/m ²
7. Lekkasjetall	2,5 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	150 kr/m ²
8. Ventilasjon	SFP = 2,5 kW/m ³ /s η = 70 %	SFP = 1,5 kW/m ³ /s η = 85 %	20 kr/m ²
9. Belysning og utstyr	-	-	0 kr/m ²
10. Oppvarmingssystem, effektbehov	30 W/m ²	15 W/m ²	-180 kr/m ²
11. Pipe og ildsted	-	-	-300 kr/m ²
12 Energiforsyning (Solfanger)	-	-	300 kr/m ²
SUM			790 kr/m²

* Merkostnaden er oppgitt per kvm bruksareal (BRA).

Forutsetninger for de ulike tiltakene er:

1. Bygging under telt kan være en metode som enkelte produsenter prioriterer, flertallet ikke. Vi har fått estimert kostnaden til bygging under telt til 75 000 kr per bolig, som i dette tilfellet utgjør 430 kr/m². Ved oppføring av bygget i vintersesongen vil telt også øke produktiviteten, så det er feil å regne det som en netto merkostnad. Men det er altså valgt og ikke ta dette med som en merkostnad ved bygging av passivhus.
2. Utføring av tetthetsmåling AS-BUILT (ferdigstillelse) er estimert til 5000-6000 kr per bolig, som er avrundet til 40 kr per kvm BRA.
3. Det er forutsatt at man for TEK10 utførelse har bindingsverksvegg med 36x198 mm med 5 cm innvendig utføring (48x48 mm). Passivhusløsningen er en dobbeltveggsløsning med 100 mm (36 x 98 mm) + 150 mm (kont. isolasjon) + 100 mm (48 x 98 mm). Forutsatt brukt isolasjon i klasse 33.

- Merkostnad er beregnet/estimert til 350-400 kr per kvm vegg. Dette er avrundet til 350 kr per kvm BRA.
- Bygningsmodellen har saltak med kaldt loft og 48x98 mm undergurt. Det er brukt isolasjon klasse 33 for begge utførelser. For TEK10 er isolasjonen 250 mm, som økes til 350 mm for passivhusutførelse. Merkostnad for dette er estimert til 150 kr per kvm himling mot kaldt loft. Siden merkostnad her er veldig avhengig av om man har skråtaksløsning (høyere merkost) eller kaldtloftsløsning (mindre merkost), er det konservativt valgt å doble denne merkostnaden til 300 kr per kvm takflate. Det er derfor beregnet en merkostnad på 150 kr per kvm BRA.
 - For gulv på grunn er det nødvendig med 250 mm EPS isolasjon for TEK10, mens passivhusutførelse har behov for 350 mm. Merkostnad er beregnet til 60 kr per kvm BRA.
 - Merkostnaden for å gå fra to-lags vinduer med U-verdi på 1,2 W/m²K (TEK10) til tre-lags med U-verdi på 0,75 W/m²K er ut fra konkrete byggeprosjekter estimert til ca. 1000-1100 kr per kvm vindu. Dører er anslått til å ha ca. samme kostnadsbilde. Avrundet gir dette en merkostnad på 200 kr per kvm BRA.
 - Basert på erfaringer fra konkrete passivhusprosjekter er merkostnaden for å gå fra et lekkasjetall på 2,5 (TEK10) til 0,6 (Passivhus) ca. 150 kr per kvm BRA. Det er da regnet med ekstra materialkostnader (tape, mansjetter, o.l.) og ekstra arbeidstid.
 - Boligventilasjonsleverandører oppgir at man vanligvis kan bruke samme aggregat for passivhus som for TEK10, men vi har her konservativt antatt at man går opp en aggregatstørrelse med anslått merkostnad på 3000-3500 kr. Dette er avrundet til 20 kr per kvm BRA.
 - For belysning og utstyr er det ingen beregningsmessig forskjell på i TEK10 og passivhus etter NS3700. Derfor heller ikke noen merkostnader.
 - Det er behov for ca. halvparten av installert oppvarmingseffekt i et passivhus (15 W/m²) ifht. et en TEK10 (30 W/m²) enebolig. Mht. til merkostnad er det avgjørende om man regner at TEK10 bygget og passivhuset har vannbåren varme eller er elektrisk oppvarmet. Vi har her antatt at både TEK10 og passivhuset har vannbåren varme. Basert på Enova-rapport om kostnader for vannbåren varme laget av prognosesenteret, ligger disse på 650 - 750 kr per kvm BRA (inkluderer ikke varmesentral) for nye boliger. Med installert effekt på 30-35 W/m² (nye boliger og yrkesbygg), blir kostnad per installert Watt på 20-25 kr. Siden det er usikkerhet med hensyn til om el eller vannbåren er det riktig utgangspunktet (referansen), er denne kostnaden konservativt redusert med 50 % til 12 kr per watt installert. Spart investering i passivhus er ut fra dette beregnet til 180 kr per kvm BRA.
 - For passivhus faller krav til pipe og ildsted ut, i motsetning til en TEK10 enebolig. Kostnaden for pipe + enkelt ildsted (vedovn) er i et konkret byggeprosjekt beregnet til ca. 55 000 kr. Dette er avrundet til 300 kr per kvm BRA.
 - For TEK10 småhus er det ikke krav til energiforsyningen utover pipe+ildsted. For passivhus er det krav til at 50 % av varmtvannsbehovet dekkes av lokal fornybar energi. Det vanligste løsningen for dette i dag er solfangeranlegg eller luft-vann varmepumpe. Merkostnaden for dette er beregnet til ca. 40-50 000 kr for en enebolig. Dette er avrundet til 300 kr per kvm BRA.

Som det fremkommer er merkostnaden på 790 kr per kvm BRA basert på en rekke antagelser. F.eks. vil man øke merkostnaden til over 1500 kr per kvm BRA for passivhuset hvis man legger til grunn at det må bygges under telt, og at man må gå over fra elektrisk til vannbåren varme. På den andre siden vil man kunne redusere til under 400 kr per kvm BRA hvis f.eks. kostnaden til vinduer går ned (veldig sannsynlig) man optimaliserer metodikken for lave luftlekkasjer (flere aktører påstår at det er neglijerbare merkostnader) og man har yttertaksløsning med kaldt loft.

Energisimulering av eneboligen med TEK10 og passivhus-standard gir et behov for levert energi på hhv. 135 og 70 kWh/m²år, dvs. en årlig besparelse på 65 kWh/m²år. Dette gir reduserte energikostnader og tilbakebetalingstid som vist i tabell 6.3.

Tabell 6.3. Beregnede nøkkeldata for eneboligen (småhus).

Energibesparelse	65 kWh/m ² år
Redusert årlig energikostnad	65 kr/m ² år
Merkostnad passivhus	790 kr/m ²
Tilbakebetalingstid (simple payback)	12,2 år

Helse og innelima i passivhusboliger

FORSKNINGSBEHOV, RISIKO OG MULIGHETER

Forprosjektet «helse og innelima i passivhus» har hatt som hensikt å legge grunnlag for mer systematisk undersøkelse av innelima og helse i norske passivhus og referanseboliger etter TEK over tid, sammenligne dette med studier i andre land, og identifisere de viktigste faktorer for at boliger kan gi tilfredsstillende innelima for alle.

Arbeidet med rapporten har vist at forskjellene mellom boliger oppført som passivhus eller i henhold til TEK10 er så små at det er viktigere å løse konkrete tekniske utfordringer som for eksempel vindusmontering og oppvarmingssystemer enn å forske på innelimaforskjeller mellom boligene. Samtidig er det stort behov for forskning om hvordan eksisterende og nye boliger generelt kan bygges, driftes og vedlikeholdes slik at de gir et godt og helsebringende innelima.

Prosjektet er finansiert av Husbankens kompetansemidler og Forskningsrådets grunnbevilgning til SINTEF Byggforsk.